SCIENCES ET AVENIR
SCIENCESETAVENIR.FR

Enquête

LES SECTES ENTRENT À L'HÔPITAL p.10

Découverte sur les GÉANTS p.52

En France, sur les traces des plus gros dinosaures du monde

EXCLUSIF
Le T-Rex français dévoilé pour la première fois en 3D

+ POSTER

En partenariat avec
Muséum national d'Histoire naturelle

NOBEL DE PHYSIQUE
SERGE HAROCHE À L'HONNEUR p.18

GAZ DE SCHISTE
PREMIERS FORAGES EN POLOGNE p.70

PLANÈTE MARS
7 NOUVELLES MISSIONS SPATIALES p.77

NOVEMBRE 2012 - N° 789 - 4 €

© 3D: MICHEL FONTAINE POUR S&A-FOND: WILDLIFE/ANDYA-MONTAGE: MEHDI BENYEZZAR/S&A - KOVARIK/AFP

LES
REVENANTS
LE PASSÉ A DÉCIDÉ DE REFAIRE SURFACE
En novembre, découvrez la nouvelle série événement de CANAL+ en exclusivité.
CANALPLUS.FR/LESREVENANTS
CANAL+
créateur original
BETC Société d'Édition de CANAL+, S.A. au capital de 95 018 076 € – 329 211 734 RCS Nanterre

Sciences et Avenir
33, rue Vivienne 75083 Paris Cedex 02
Tél. : 01.55.35.56.00. Fax : 01.55.35.56.04
E-mail : redaction@sciencesetavenir.fr
Site Internet : sciencesetavenir.fr

Directrice de la rédaction
Dominique LEGLU 56.02
Rédacteurs en chef
Carole CHATELAIN **(mensuel)** 56.57
Aline KINER **(hors-série)** 56.42
Olivier LASCAR **(pôle digital)** 56.15
Rédactrices en chef adjointes
Andreina DE BEI **(photo-iconographie)** 56.31
Pascale PAOLINI **(édition)** 56.10
Secrétaire générale de la rédaction
Véronique MESSAGER 56.18
Chefs de service
Rachel MULOT (enquêtes) 56.07
Mathieu NOWAK (actualités, rendez-vous) 56.38
Adjoint au chef de service
Hervé RATEL (actualités) 56.45
Chefs de rubrique
Azar KHALATBARI (fondamental, sciences de la Terre) 56.46
Sylvie RIOU-MILLIOT (médecine, santé) 56.54
Rédaction
Bernadette ARNAUD grand reporter (archéologie, histoire) 56.44
Olivier HERTEL (technologies, futur, décryptage) 56.03
Cécile MICHAUT (chimie, nouveaux matériaux) 56.27
Sylvie ROUAT (espace, astronomie) 56.40
Elena SENDER grand reporter (biologie, neurosciences) 56.43
Collaborateurs : Yves BLANC, Guillaume CANNAT, Loïc CHAUVEAU, Marie-Noëlle DELABY, Pierre MIQUEL, Henri-Pierre PENEL
Ont collaboré à ce numéro : Laurent BRASIER, Arnaud DEVILLARD, Pierre KALDY, Morgane KERGOAT
Secrétariat de rédaction
Frank MIETTON 56.17 (1er secrétaire)
Maquette
Dominique PASQUET (direction artistique, conception) 01.44.88.35.51
Yves CLAVEL (directeur artistique) 56.22
Thalia STANLEY (directrice artistique adjointe) 56.21
Horia BAHRI 56.19, Jean-Louis GILABERT 56.28
Photo-iconographie
Isabelle TIRANT 56.32
Illustration
Sylvie DAOUDAL 56.20, Betty LAFON 56.37
Photogravure
Karine HUET 56.25
Pôle digital
Damien HYPOLITE (chef de projet infographie) 56.23
Joël IGNASSE (rédacteur spécialisé) 56.56
Documentation
Isabelle DO O'GOMES (chef de service) 56.49, Astrid SAINT AUGUSTE 56.48
Renseignements aux lecteurs, vente au numéro
Isabelle RUDI-HOUET 01.55.35.56.50/56.30
courrier-lecteurs@sciencesetavenir.fr
Informatique : Daniel DE LA REBERDIERE 56.06
Gestion : Agnès LE BOUCHER 56.16
Comptabilité : Tania MINISTRO 56.14, Nathalie TRÉHIN 56.13
Assistante de direction
Valérie PELLETIER 56.01

Abonnements : 01.40.26.86.11
142, rue Montmartre, 75103 Paris Cedex 02
abonnements@sciencesetavenir.fr
Abonnements Belgique : Partner Press, tél. : 00.32.2.556.41.40
www.viapresse.be

Publicité
MediaObs. 44, rue Notre-Dame-des-Victoires 75002 Paris
Tél. : 01.44.88.97.70. Fax : 01.44.88.97.79.
Tél. : composer le 01.44.88 suivi des 4 chiffres entre parenthèses.
Courriel : l'initiale du prénom puis nom suivi de @mediaobs.com
Directrice générale
Corinne ROUGÉ (93.70) assistée de Marie-Noëlle MAGGIE (93.70)
Directeur de publicité adjoint : Sylvain MORTREUIL (97.75)
Responsable Web : Romain COUPRIE (89.25)
Assistante commerciale : Séverine LECLERC (97.57)
Exécution : Nicolas NIRO (89.26)
Administration des ventes : Caroline HAHN (97.58)

Ventes
Directeur commercial
Jean-Claude ROSSIGNOL 01.44.88.35.40
Directrice commerciale adjointe
Paule COUDERAT 01.44.88.34.55
Directeur des ventes
Valéry SOURIEAU
Directeur des abonnements
Philippe MENAT 01.44.88.35.02 assisté de Lina QUACH 34.54
Relations extérieures
France ROQUE 01.44.88.35.79
Sciences et Avenir SAS
Président : Claude PERDRIEL
Directeur de la publication : Claude PERDRIEL

Vente au numéro, **33, rue Vivienne, 75002 Paris**. Tél. : 01.55.35.56.00. Fax 01.55.35.56.04. Les abonnements et réabonnements doivent être adressés à Sciences et Avenir, Service abonnements, 142, rue Montmartre, 75002 Paris. Tél. : 01.40.26.86.11. Tarif des abonnements : France, 1 an simple (12 numéros) : 35 €. 1 an complet (12 numéros + 4 hors-séries) : 48 €. Tarifs pour les pays étrangers sur demande.
Multimédia : ID OBS, 10-12, place de la Bourse, 75002 Paris. Tél : 01.44.88.34.34.
Imprimerie SEGO-Taverny. Distribution Presstalis.

Les noms et adresses de nos abonnés seront communiqués aux organismes liés contractuellement avec Sciences et Avenir, sauf opposition. Dans ce cas, la communication sera limitée au service de l'abonnement. Ce numéro comprend un poster sur la totalité de la diffusion, un encart Bose et un encart Croisière jetés sur couverture sur la totalité de la diffusion abonnés et, en diffusion partielle des abonnés, un tout-en-un Secrets d'églises, un encart Paris Match, un catalogue Objet du mois et une lettre Sciences et Avenir jetés sur couverture. Commission paritaire n° 0615 K 79712. ISSN 00368636. Distribué par NMPP. Photogravure : PCH, 10-12, place de la Bourse 75002.

OJD Diffusion Certifiée 2011

B. MARTINEZ

DOMINIQUE LEGLU
Directrice de la rédaction

“Dinosaures, mode d’emploi”

Imaginez les deux bosses d’un chameau, vu de profil. Cette courbe, que nous ne dessinerons pas sur cette page, mais que vous pouvez vous représenter mentalement, n’a rien de vraiment scientifique. A quelque incertitude près, elle retrace les deux âges principaux… de l’engouement pour les dinosaures. Mais si, souvenez-vous de vos 5 à 7 ans (première bosse du chameau) ! Vous pourriez bien faire partie de ceux qui, alors, citaient d’un jet les noms de *T-rex*, *Triceratops*, *Velociraptor*, *Parasaurolophus* ou autre *Poekilopleuron*. Vous saviez même reconnaître leurs figurines… Maintenant, vous êtes peut-être l’heureuse maman, ou l’heureux papa, d’un fan de nouvelle génération qui va faire connaissance, et vous avec, d’une flopée de nouveaux monstres. Il va falloir vous y réhabituer (deuxième bosse du chameau, celle des parents (1)). Cela en vaut la peine. Car ce sont des découvertes majeures qui ont été faites… sur le territoire français : il y a le sauropode géant d’Angeac, peut être le plus gros dinosaure au monde et qui se trouve donc être charentais *(p. 54)*. Et bien sûr, la vedette de ce numéro de *Sciences et Avenir*, le carnivore Arco, plus méridional (2).

Toutes dents dehors, on le voit crier (du moins peut-on le suspecter) sur le poster, qui offre une reconstitution en exclusivité de l’animal et une animation en 3D sur tablettes et Internet (3). D’ailleurs, comment criait-il ? Les films ne s’embarrassent pas de subtilités, qui font rugir les gros dinos et piailler les petits. Mais pour de vrai, de quels bruits pouvaient bien résonner le trias, le jurassique ou le crétacé ? Il y a eu des scientifiques, notamment le Japonais Matsumi Suzuki, pour s’emparer jadis du problème, et il faudrait plus que ce préambule pour décrire les expériences de vibrations (par exemple de cartilages) mises en œuvre pour tenter de reproduire les gargouillis du *T-rex* et le… bruit de trombone du *Parasaurolophus* !

Pour tous les curieux de ces curieuses bêtes, nous sommes donc revenus sur ces interrogations *(p. 62)* qui rendent ce monde perdu des géants si fascinant, quasi inimaginable. Grandissaient-ils vite ou pas et comment supportaient-ils, pour certains, des cous aussi démesurés ? Mouraient-ils jeunes ou vieux ? D’aucuns ricanent devant pareilles énigmes, les pensant dévolues aux seuls esprits infantiles. Erreur ! ce sont des trésors d’imagination scientifique et technique qu’il faut déployer pour y répondre. En traquant les mystères de plus d’un millier de genres de dinosaures, c’est à des questions fondamentales sur l’anatomie, la physiologie, l’écologie, la géographie, que les spécialistes doivent s’attaquer. Tout particulièrement pour les géants qu’une exposition du Muséum national d’histoire naturelle – dont nous sommes partenaires –, célèbre jusqu’en mai prochain. Comme l’a déclaré un jour le célèbre chasseur d’os américain David Weishampel, *« les fossiles nous arrivent en kit mais sans le mode d’emploi »*.

(1) Si le chameau avait trois bosses, nous intégrerions celle des « grands-parents », soumis à leur tour à l’impitoyable engouement enfantin.
(2) Comme l’indique notre dossier, le premier n’a pas encore de nom scientifique et nous ne pouvons révéler le nom savant du deuxième, « sous embargo ».
(3) Grâce à un QR code (pour « quick response »), code matriciel lisible notamment par un smartphone.

NISSAN

SHIFT_

NISSAN
LEAF

- 100% électrique
- Zéro Emission
- Système de navigation CARWINGS

zero Emission[2]

CONDUISEZ AUJOURD'HUI LA VOITURE DE DEMAIN.

NISSAN LEAF. 100% ÉLECTRIQUE.

À partir de 299€/mois[1] et garantie 5 ans offerte[3]

Location Longue Durée sur 37 mois avec un premier loyer de 5 000 € (bonus de l'Etat de 7 000 € déduit).

L'innovation selon Nissan, c'est de combiner la technologie 100% électrique avec un système de télématique embarqué : CARWINGS. A bord, cette ingénieuse innovation vous indique la borne de recharge la plus proche. À distance, elle vous permet de programmer la température de votre Nissan LEAF depuis votre téléphone[4]. Avec Nissan LEAF, découvrez aujourd'hui de quoi demain sera fait.

*Visez la publicité

CHECK* **Checkez cette annonce avec votre application MyTF1 et jouez avec la Nissan LEAF.**

FOR SAFER CARS EURO NCAP www.euroncap.com ★★★★★ TEST 2012

Nissan. Innovation that excites.

CHANGER_. Nissan. Innover autrement. [1] Exemple pour une Nissan LEAF avec option peinture métallisée en Location Longue Durée sur 37 mois pour un kilométrage maximum de 45 000 km avec un 1er loyer majoré de 12 000 € suivi de 36 loyers de 299 €. Le bonus de 7 000 € sera déduit de votre 1er loyer majoré. Restitution du véhicule chez votre concessionnaire en fin de contrat. Offre valable sous réserve d'acceptation par Diac - S.A. au capital de 61 000 000 € - 14, avenue du Pavé Neuf - 93160 Noisy-le-Grand SIREN 702 002 221 RCS Bobigny. [2] Zéro émission de CO_2 à l'utilisation, hors pièces d'usure. Offre réservée aux particuliers, non cumulable avec d'autres offres, valable pour la Location Longue Durée d'une Nissan LEAF neuve identifiée, commandée et livrée, du 01/09/2012 au 31/12/2012 chez les Concessionnaires participants. [3] L'extension de Garantie Nissan 5* (Extensions de deux ans au-delà de la garantie constructeur de 3 ans, limitée à 100 000 km) est un produit d'assurance proposé par Nissan International Insurance Ltd, No.2 Portomaso Marina, The Quay, Portomaso STJ 4011, Malte. [4] Disponible sur les téléphones mobiles compatibles disposant d'une connexion Internet. Enregistrement ORIAS N° 10053158. NISSAN WEST EUROPE SAS au capital de 5 610 475 €, RCS Versailles B 699 809 174 - Z.A. du Parc de Pissaloup - 8, avenue Jean d'Alembert - 78194 Trappes Cedex.

ILLUSTRATION MICHEL FONTAINE POUR SCIENCES ET AVENIR

3 **EDITO :** « Dinosaures, mode d'emploi »

7 **COURRIER**

L'ÉVÉNEMENT

10 Les sectes entrent à l'hôpital

ACTUALITÉS

L'INFOGRAPHIE DU MOIS

16 Comment la 4 G permet-elle de booster les transferts de données ?

NOBEL 2012

18 Serge Haroche, maître du photon

TERRE ET COSMOS

22 Des physiciens ont dévié des ondes sismiques

FONDAMENTAL

24 Nouveau Big Bang en théorie des nombres ?

PASSÉ

26 On a plongé sur la « Lune »

FUTUR

30 Des puces électroniques solubles dans l'eau

NATURE

34 Le corail de la Grande Barrière en danger de mort

SANTÉ ET BIOLOGIE

40 OGM, les points clés de l'étude controversée

NUTRITION

46 Le café a-t-il des effets bénéfiques sur nos neurones ?

MACIEK NABRDALIK/VII POUR SCIENCES ET AVENIR

Gaz de schiste, forages en Pologne p. 70

NASA/JPL CALTECH

Curiosity, chroniques martiennes p. 77

FRANCESCO ACERBIS

Philippe Charlier p. 48

Les tablettes tactiles p. 84

RENCONTRE

48 **Philippe Charlier :** « Un corps mort mérite tout notre respect »

DOSSIER

52 **Découverte sur les géants**

54 On a retrouvé la terreur du crétacé

57 Gargantuavis, l'incroyable oiseau

58 Un super poids lourd, gobeur de feuilles

62 7 énigmes et leurs folles hypothèses

DÉCOUVERTES

66 **PATRIMOINE** Sixtine, chefs-d'œuvre sous haute surveillance

70 **ENERGIE** Gaz de schiste : la Pologne, pionnière de l'exploration en Europe

77 **ESPACE** Curiosity : chroniques martiennes, épisode 3

DÉCRYPTAGE

80 Peut-on tromper un scanner biométrique par l'iris de l'œil ?

82 Les lunettes à grille à l'épreuve des faits

S'ÉVADER

84 **TEST HIGH-TECH** Les tablettes tactiles

88 **LE CIEL** de novembre

90 **RENDEZ-VOUS**

94 **LIVRES** Le savant aux semelles de vent

98 **AUTOUR D'UN LIVRE** Entretien avec Denis Le Bihan : « La neuro-imagerie peut être mal utilisée »

récylum

ÉCO-ORGANISME À BUT NON LUCRATIF

RECYCLER SES LAMPES, TOUT LE MONDE S'Y MET.

Posterscope - RCS Paris B 482 323 946.

Vous aussi, déposez-les en supermarché, magasin de bricolage ou déchèterie.

Ce geste simple préserve les ressources naturelles et évite les risques de pollution. En effet, une fois collectées, les lampes sont intégralement traitées, puis recyclées.

Il n'y aucune raison de ne pas vous y mettre !

www.malampe.org

SOS cépage résistant en voie de disparition !

« **Vieil abonné** de votre magazine, j'ai été très intéressé par votre article sur les cépages [*Sciences et Avenir* n° 788, octobre 2012]. Une petite remarque : la vigne ne sert pas seulement à faire du vin mais aussi à produire du raisin de table. Il y a une cinquantaine d'années mon père m'a transmis un cépage de raisin de table blanc qu'il tenait d'un de ses amis. […] Son principal avantage est de résister à toutes les maladies de la vigne. Je cultive un certain nombre de pieds et n'y ai jamais mis le moindre produit chimique. Cette vigne se contente de l'eau du ciel et d'une terre sans engrais. J'ai souvent essayé de transmettre ce cépage à des organismes liés à la viticulture, sans aucun succès.

Ce cépage est un cépage botanique : il se reproduit naturellement par la germination des pépins

ALEXANDRA FRANKEWITZ/TRANSIT POUR S. & A.

et redonne le même type de grappes. Des ampélographes distingués m'ont affirmé que cela était impossible, et pourtant chaque année de nouvelles petites vignes apparaissent et se développent. Je commence à avoir un âge canonique et je crains qu'à ma mort ce cépage ne disparaisse à jamais. Il pourrait, au moins, représenter un sujet d'études et produire un raisin de table biologique. »

Francis Brouchier, agrégé de l'université, professeur honoraire de chaire supérieure, courriel

Merci pour la vulgarisation

« **Les lettres d'insultes** ou de reproches étant les plus fréquentes, vous serez peut-être quelque peu étonnés de recevoir une lettre de remerciements, de compliments et d'admiration concernant vos numéros de juin, juillet et août 2012 [n° 784, 785 et 786].

Mon émerveillement est total devant tant de connaissances et surtout dans l'art de les présenter. Si je vous ai, un jour, reproché d'être trop « scientifiques » pour le *vulgum pecus*, je dois avouer que je reste abasourdi devant les incroyables efforts de vulgarisation dont vous ne cessez de faire preuve.

Merci à l'avance pour les prochains numéros. »

Pierre Delsumey, Equemauville (14)

A lire ce mois-ci sur notre site

www.sciencesetavenir.fr

AP/SIPA

ESPACE

Vous avez pu suivre en direct sur le site de *Sciences et Avenir* le record du monde du saut en chute libre en vidéo.

Nous reviendrons sur ces exploits qui font avancer la science.

MAXPPP - AFP - WWW.REDBULLCONTENTPOOL.COM

LA MARCHE DES DINOSAURES

Le Spectacle Live

LE SPECTACLE FAMILIAL DE L'ANNÉE

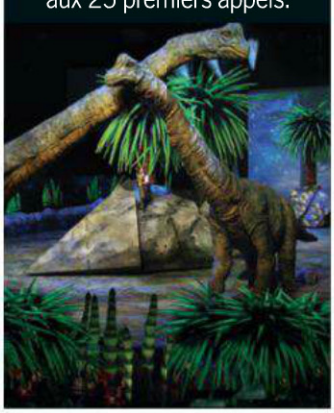
20 dinosaures grandeur nature vont vivre, se nourrir, se battre, et défendre leur territoire devant vos yeux.
Une plongée instructive et spectaculaire dans l'univers fascinant des dinosaures.

A Paris Bercy du 19 au 23 décembre

A Lyon, Halle Tony Garnier du 12 au 16 décembre

SCIENCES ET AVENIR VOUS OFFRE 25 INVITATIONS VALABLES POUR 2 PERSONNES À PARIS.

Pour le mercredi 19 décembre à 15 h
Tél. : 01.40.26.86.11.
Offre réservée aux 25 premiers appels.



Le nouvel Observateur et les Editions Fayard présentent

LES G
DU XXe S

Une collection dirigée par Laurent Joffrin

Leur vie est un roman et ces romans ont changé le monde. Ils sont des géants de l'Histoire qui ont fait de leur combat la plus palpitante des sagas. Ils ont façonné le XXe siècle et par là même marqué notre destin.

Les Editions Fayard et « le Nouvel Observateur » se sont associés pour raconter leur histoire, qui a fait l'Histoire, à travers les meilleures biographies réunies dans cette collection : « les Géants du XXe siècle ».

Essentiels pour comprendre le monde qui nous entoure, ces ouvrages de référence, très documentés, ont été écrits par des auteurs d'excellence. Ils sont présentés, chaque fois, par un texte inédit.

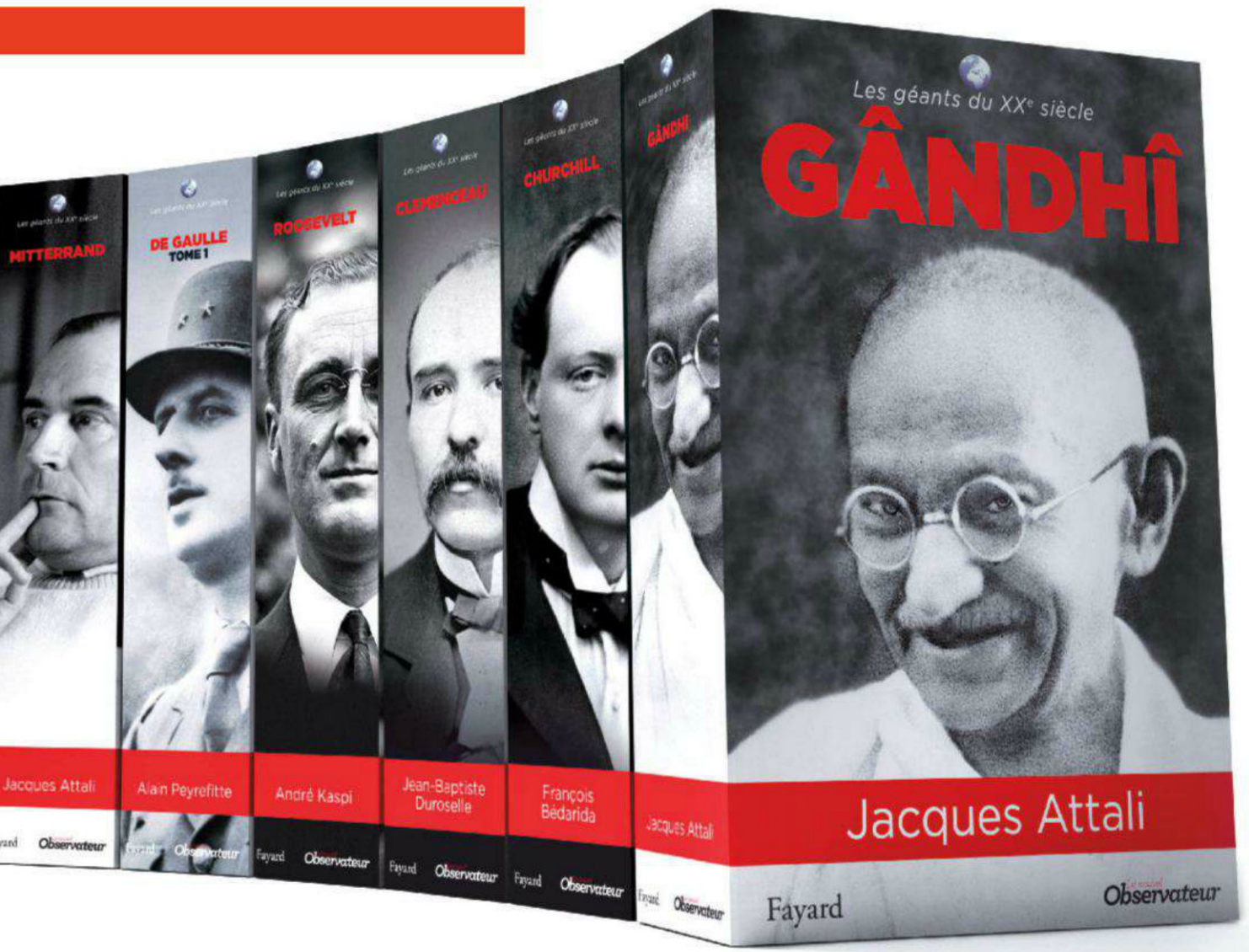
Laurent Joffrin,
directeur de la publication du « Nouvel Observateur »

avec radio classique

ET AUSSI DISPONIBLE SUR LISEUSES

Visuels non contractuels © Dominique Pasquet

ÉANTS
IÈCLE



Dans vos points
de vente habituels

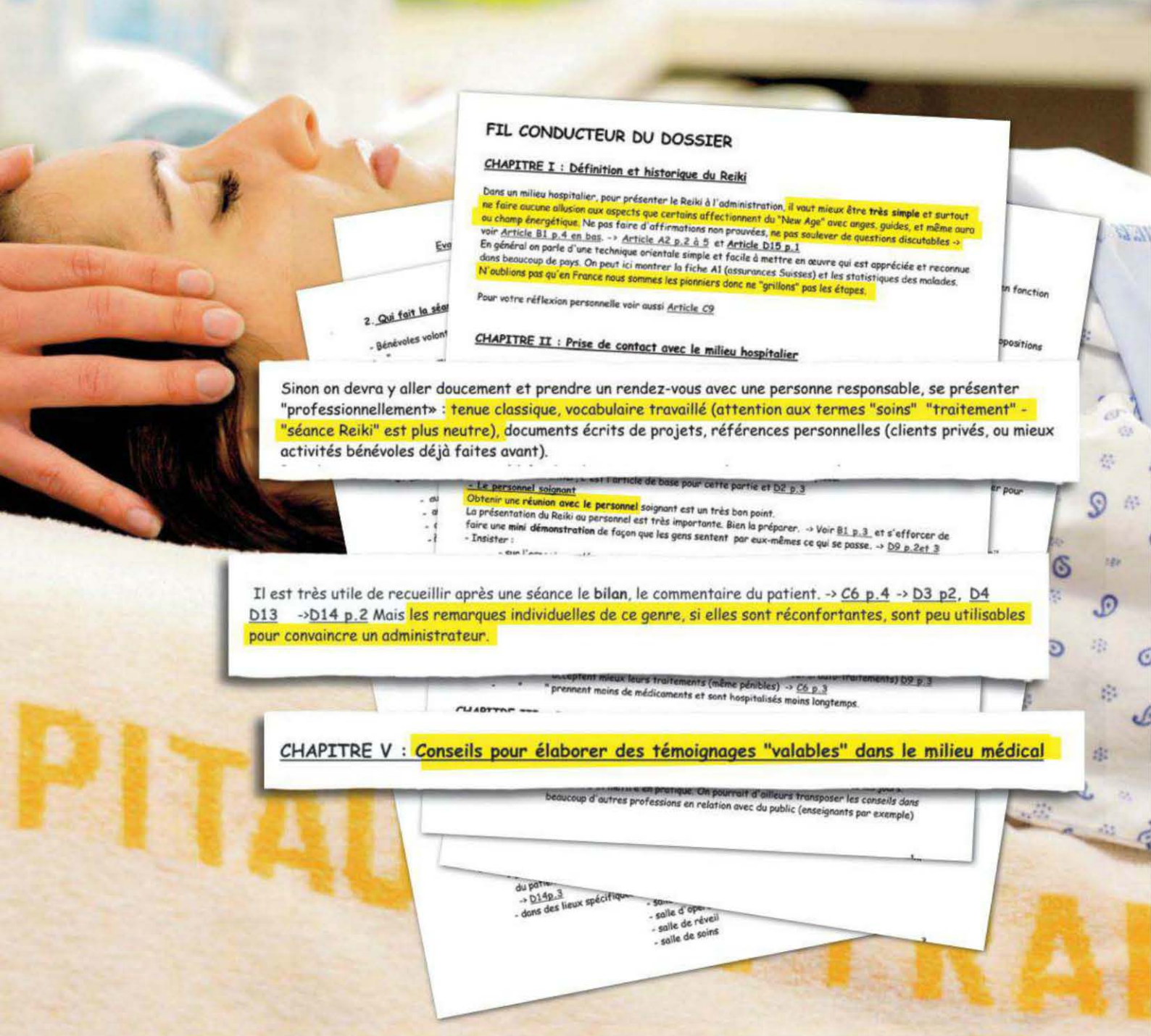
KINDLE AMAZON, IPAD, IPHONE, PC, MAC...

Les sectes entrent à l'hôpital

Commission d'enquête en cours, rapports en préparation : le Sénat et l'Académie de médecine s'inquiètent de la présence de plus en plus forte de médecines parallèles à l'hôpital. L'enquête de « Sciences et Avenir » apporte les preuves des risques de dérives sectaires liés à ces pratiques qui tentent également d'infiltrer l'université.

C'est un document édifiant que nous nous sommes procuré. Environ 130 pages qui révèlent toutes les ficelles pour introduire le reiki dans les hôpitaux en France. Et les conseils donnés par les responsables de ce mouvement, pointé par la Mission interministérielle de vigilance et de lutte contre les dérives sectaires (Miviludes) (1), sont assez précis pour inquiéter : *« Eviter toute référence métaphysique inutile qui pourrait être discutable »* ; *« Ne faire aucune allusion aux aspects que certains affectionnent du New Age avec anges, guides et même aura ou champs énergétiques »* ; *« Ne pas utiliser les termes "soins", "traitements" »* ; *« Cultivez une image professionnelle : tenue classique, papier à en-tête, cartes de visite »*. De quoi « endormir » les professionnels de santé sur cette méthode dont les praticiens, appelés « maîtres reiki », prétendent canaliser les énergies pour soigner leurs patients par imposition des mains. Les recommandations vont même jusqu'à esquisser des stratégies à long terme : *« Lorsque vous avez trouvé un allié, restez en contact avec lui »*. De l'aveu même de Nita Mocanu, animateur du site Reiki Forum en France, le mouvement a eu du mal à s'implanter dans les hôpitaux de l'Hexagone ces dernières années : *« Il y a bien eu quelques expériences, dont une à la clinique du Bois-Vert à Lille, mais cela a été interrompu lors du changement de direction »*, reconnaît-il. Le mouvement veut désormais se donner les moyens de réussir ce qu'il a réalisé dans d'autres pays, en particulier aux Etats-Unis où les portes des hôpitaux lui sont grandes ouvertes.

Faut-il s'inquiéter de ces dérives ? Le Sénat semble penser que oui : il a nommé une commission d'enquête le 3 octobre sur l'influence des mouvements sectaires dans le domaine de la santé. En ce qui



BURGER/PHANIE

concerne les méthodes du reiki, elles sont potentiellement dangereuses. Comme beaucoup de médecines parallèles, il se fonde sur l'existence supposée d'une énergie universelle, omniprésente et omnipotente appelée qi (ou ch'i) en chinois, ki en japonais, voire prana en sanskrit, ou encore souffle vital ou énergie vitale dans les courants New Age. Une bonne santé serait ainsi conditionnée par une bonne circulation de cette énergie à travers des méridiens censés parcourir le corps. Ces techniques de « réharmonisation » seraient sans conséquence s'il s'agissait simplement de relaxation. Mais le document en notre possession suggère qu'elles permettent la guérison du cancer et autres maladies graves. En outre, certains maîtres reiki sont aussi adeptes d'autres pratiques dévastatrices. Ainsi, dans le DVD *Reiki, apprendre et réussir facilement votre autotraitement* (2), apparaît Jacqueline Bousquet, présentée comme une ancienne chercheuse au CNRS. Maître reiki, elle est aussi adepte de la « Médecine nouvelle germanique » du Dr Ryke Geerd Hamer. Le Dr Hamer, qui prétend que tout cancer a pour origine un choc psychologique vécu dans l'isolement, est tristement célèbre pour son opposition aux traitements médicaux. Il a été condamné à plusieurs reprises à des peines d'emprisonnement en France, en Allemagne et en Espagne, mais sa méthode continue à faire de ●●●

Intitulé « Reiki à l'hôpital », ce document destiné aux « maîtres reiki » distille des conseils pratiques pour endormir la méfiance des personnels hospitaliers.

« LORSQUE VOUS AVEZ TROUVÉ UN ALLIÉ, RESTEZ EN CONTACT AVEC LUI... » Document « Reiki à l'hôpital »

LA LIGUE CONTRE LE CANCER DE LOIRE-ATLANTIQUE CAUTIONNE INDIRECTEMENT L'AUTOGUÉRISON

La Ligue contre le cancer de Loire-Atlantique présente sur son site Web le portrait d'une réflexologue. Un simple « clic » renvoie sur le site personnel de la praticienne, dans lequel on découvre le vrai visage des médecines parallèles : « auto-guérison », « équivalence entre le diagnostic médical et le bilan du réflexologue ». On y trouve aussi des liens vers des pratiques qui recommandent l'arrêt des traitements.

●●● nombreux émules *(voir* S. et A. *n° 703, septembre 2005)* (3). Dans son livre *On a tué ma mère* (4), la journaliste belge Natalie De Reuck raconte ainsi comment sa mère est morte d'un cancer du sein qu'elle refusait de traiter par la médecine conventionnelle. Une expérience tragique que redoute aujourd'hui Chloé (5), dont la mère âgée de 58 ans, adepte du Mouvement régénérateur – reposant lui aussi sur les forces guérisseuses du ki – refuse l'ablation de son sein touché par une tumeur. *« Ma mère est convaincue qu'elle peut faire disparaître la maladie toute seule »*, explique la jeune femme, persuadée de l'influence d'un certain Denis Emonet, dont sa mère a suivi l'enseignement dans la Drôme. Ce dernier affirme en effet que grâce au Mouvement régénérateur, il est possible *« d'assister à des cas de résorption de maladies graves à la suite de la pratique : disparition d'une tumeur cérébrale et de symptômes d'épilepsie »*. Chloé a décidé de porter plainte et saisi la Miviludes en septembre qui, jugeant l'affaire sérieuse, a opéré un signalement auprès du parquet. Une enquête préliminaire est en cours.

Inquiet de l'extension de ce genre de pratiques, le Pr Edzard Ernst, spécialiste de médecine complémentaire à l'université d'Exeter (Royaume-Uni), a récemment recommandé de ne pas autoriser le reiki dans les hôpitaux. En s'appuyant notamment sur une étude parue dans *Oncology Nursing Forum* (6) mettant en évidence qu'un simulacre de reiki, pratiqué par un non-initié pour améliorer le bien-être de personnes en chimiothérapie, est aussi efficace que les séances pratiquées par un « maître » reiki. Autrement dit, les effets de cette méthode ne seraient pas supérieurs à celui d'un placebo. Et le Pr Ernst de préciser : *« Cela prive le patient de méthodes comme un simple massage, qui, elles, ont montré qu'elles étaient plus efficaces qu'un placebo. »* Un avis que partage largement le Pr Joël Menkes, membre de l'Académie de médecine, qui a décidé d'agir. Ce praticien est en effet à l'origine d'un rapport – en cours de rédaction – à l'Académie sur les médecines non conventionnelles dans les hôpitaux publics. Une initiative lancée cet été à la suite de l'annonce par l'Assistance publique-Hôpitaux de Paris (AP-HP), qui regroupe 37 hôpitaux en Ile-de-France, de son souhait de développer en son sein certaines thérapies non conventionnelles.

« Aucune pratique n'ayant fait les preuves de son efficacité thérapeutique ne doit figurer dans les soins dispensés à l'hôpital. Introduire ces thérapies revient à les légitimer, à leur donner du crédit », estime Joël Menkes. Une mise en garde bienvenue car les cas douteux se multiplient. En témoigne le cas de la réflexologie plantaire, déjà bien infiltrée dans de prestigieuses institutions médicales en France. Elle est reconnue par le « Référentiel pour la prise en charge de la douleur chez l'adulte », en usage dans tous les services de cancérologie, édité par l'Association francophone pour les soins oncologiques de support (Afsos). Cette société savante réunit les plus grands experts (oncologues, hématologues, psychologues, etc.) dans le domaine des soins destinés à aider les malades à supporter les traitements lourds de la cancérologie. Pourtant, la réflexologie repose sur un concept scientifiquement fantaisiste. Cette technique de massage énergétique postule que tous les organes du corps sont représentés par des points de pression sur la plante des pieds. Un toucher précis permettrait de « réharmoniser » les énergies et d'activer les capacités d'autoguérison de l'organe ciblé.

En donnant sa bénédiction à une telle pratique, l'Afsos a ouvert un boulevard à d'autres pratiques à risques, avec pour effet pervers de pousser les malades vers des réseaux de thérapeutes incompétents pour soigner de lourdes pathologies. C'est d'ailleurs déjà le cas à la Ligue contre le cancer de Loire-Atlantique. Il suffit de consulter la page d'accueil de son site officiel pour voir apparaître le visage souriant d'Estelle, une réflexologue de la région nantaise. Or, un simple « clic » sur le portrait renvoie directement sur le site de l'« alternativ-institut », son école de « réflexologie intégrative ». Le propos, limpide, ne s'embarrasse pas des faux espoirs qu'il pourrait susciter : la réflexologie aiderait les malades cancéreux à retrouver leur *« intelligence naturelle d'autoguérison »* et il y aurait *« une corrélation entre le diagnostic en médecine conventionnelle et le bilan en réflexologie »*. De quoi donner le frisson quand on apprend que la thérapeute intervient avec ses élèves dans plusieurs

DR

« INTRODUIRE LES THÉRAPIES ALTERNATIVES REVIENT À LES LÉGITIMER, À LEUR DONNER DU CRÉDIT »

Pr Joël Menkes, membre de l'Académie de médecine

établissements renommés de la région : le CHU de Nantes, l'hôpital de Chateaubriant et l'Institut de cancérologie de l'Ouest (ICO) issu de la fusion des deux centres anticancer Paul-Papin et René-Gaudducheau d'Angers et Nantes. La jeune femme a par ailleurs créé Etre en mouvement, une association de thérapeutes qui propose un éventail de pratiques alternatives non éprouvées comme les fleurs de Bach ou encore le Bol d'air Jacquier *(voir* S. et A. *n^os 757, mars 2010, et 778, décembre 2011)*. Plus grave encore : l'association propose les services d'une thérapeute formée à la méthode Louise Bourbeau, du nom d'une Canadienne auteure de plusieurs best-sellers dont *Ton corps dit : aime-toi !* vendu à près de 500 000 exemplaires. Dans ce livre, elle développe sa conception culpabilisante de la maladie. Relent de la Médecine nouvelle germanique ? Aucun doute : Lise Bourbeau recommande la littérature du fameux docteur Hamer. Voilà comment un malade, traité en toute confiance pour son cancer à l'hôpital, peut se retrouver immergé dans un réseau dont l'idéologie suggère l'arrêt des traitements.

Faut-il douter pour autant de l'intérêt d'introduire les « médecines complémentaires » dans les institutions médicales ? *« C'est un risque qu'il ne faut pas prendre !* affirme pour sa part Simon Schraub, professeur de cancérologie et auteur d'une étude sur les médecines alternatives dans le domaine du cancer. *D'autant que la frontière entre "médecine complémentaire" et "médecine alternative" est très floue. »* Un point de vue que partage Patrick Dufour, directeur du centre anticancer Paul-Strauss à Strasbourg : *« Pas question d'accepter ce genre de pratiques chez nous ! Les soins de support doivent se cantonner à ce qui est vraiment bénéfique pour le malade : traitements éprouvés contre la douleur, diététique, soutien psychologique, kinésithérapie, conseils de maquillage et de coiffure pour améliorer son apparence, etc. »* Une prudence qui n'est décidément pas de règle à l'ICO. A l'occasion de l'édition 2011 d'Octobre rose – une manifestation visant à promouvoir le dépistage du cancer du sein –, le centre René-Gaudducheau de l'ICO était ainsi le seul en France à proposer des rencontres essentiellement axées sur les médecines alternatives comme la réflexologie et la sophrologie, autre pratique signalée par la Miviludes pour ses risques de dérives.

L'ICO est aussi peu regardant sur ses partenaires. Il a signé par l'intermédiaire de son directeur, le professeur François-Régis Bataille, et du docteur Mario Campone, responsable de son centre d'Angers, une convention avec l'association de bénévoles En avant la vie. Celle-ci apporte effectivement un soutien et une écoute précieux aux malades et à leurs familles. Mais certaines formations de ses bénévoles sont assurées par PRH (Personnalité et relations humaines), une école de développement personnel fondée par le père André Rochais, proche de communautés très controversées du Renouveau charismatique. PRH intervient aussi au Centre hospitalier Nord-Deux-Sèvres. De fait, l'organisme figure dans les plans de formation du Réseau Onco en Poitou-Charentes qui coordonne *« l'activité des acteurs de santé et des intervenants impliqués en cancérologie »*. Plus inquiétant, En avant la vie recommande aussi sur son site Internet Our Alexander, une association américaine qui défend ardemment le « traitement Burzynski », présenté comme une alternative efficace à la chimiothérapie et fondé sur l'ingestion de peptides extraits de l'urine. Développé par Stanislaw Burzynski, un médecin d'origine polonaise, ce traitement dénoncé depuis des années par la communauté scientifique pour son inefficacité (7) n'est pas approuvé par les autorités sanitaires américaines (8) et (9). Des essais cliniques ont même révélé des effets secondaires sérieux sur le système nerveux. Ce qui n'a pas empêché les CHU d'Angers et de Poitiers de signer à leur tour des accords avec En avant la vie.

LES HÔPITAUX DE POITIERS ET MARSEILLE FONT INTERVENIR DES ASSOCIATIONS LIÉES À DES MILIEUX SECTAIRES

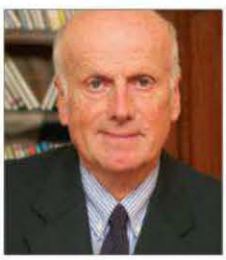
Mêmes dérapages à Marseille où, en mai, l'hôpital Paul-Desbief a accueilli pendant trois jours de « séances découvertes » l'Association de prévention pour la santé par les médecines douces (Apsamed). Cette organisation, qui dispose d'un large réseau de naturopathes, kinésiologues et réflexologues, organise chaque année un colloque où se croisent thérapeutes, médecins et chercheurs intéressés par les approches alternatives. Or, dans un enregistrement vidéo de l'édition 2011 que nous nous sommes procuré, le magnétiseur Jean-Luc Bartoli délivre ses conseils pour éviter de se faire poursuivre pour exercice illégal de la médecine. A ses côtés, Martine Gardénal, médecin homéopathe et « présidente de la recherche » de l'Apsamed, déjà suspendue par l'ordre des médecins pour n'avoir pas respecté le suivi thérapeutique de certains de ses patients atteints de cancers, approuve. Un autre intervenant, Jacques Prunier, vante l'efficacité de ses compléments alimentaires à base d'algues contre Alzheimer, Parkinson, etc. Il n'hésite pas non plus à faire référence aux théories du Dr Hamer. Il prétend aussi avoir lancé des essais avec des professeurs de médecine, notamment au CHU de Lyon. Plus fort encore ! Martine Gardénal devait intervenir fin octobre au colloque Ecomédecine de Paris sous le haut patronage de… Marisol Touraine, ministre des Affaires sociales et de la Santé.

Dérapages encore, mais cette fois au cœur du système universitaire où la « fasciathérapie » et ses dérivés se sont imposés comme une discipline à part entière. Au cours de notre enquête, nous ●●●

SECTION DES ASSURANCES SOCIALES
DU CONSEIL NATIONAL DE L'ORDRE DES MEDECINS
180, boulevard Haussmann - 75008 PARIS
Téléphone : 01.53.89.32.00 - Télécopie : 01.53.89.32.38
COPIE
Dossier n° 4127/E
Dr Martine GARDENAL
Séance du 27 février 2007
Lecture du 21 mars 2007

Cet avis de l'ordre des médecins suspend le Dr Martine Gardénal, l'une des responsables d'Apsamed, une association aux pratiques douteuses. Or, celle-ci intervient pourtant au colloque Ecomédecine soutenu par le ministère de la Santé. L'association est aussi bienvenue à l'hôpital Paul-Desbief à Marseille.

●●● avons ainsi répertorié 17 thèses en cours dans au moins six universités à Paris, Rouen, Tours, Nancy, ainsi que dans des laboratoires du CNRS ou de l'Inserm et même à la prestigieuse école AgroParisTech. Or, cette pratique, élaborée par le kinésithérapeute et ostéopathe français Danis Bois, a été dénoncée le 22 juin par le Conseil national de l'ordre des kinésithérapeutes, qui rappelle qu'elles ne sont pas reconnues par la profession, contrairement à ce que prétend Danis Bois.


DR

« CES ENSEIGNEMENTS NE DEVRAIENT PAS ENTRER DANS DES PROBLÉMATIQUES IDÉOLOGIQUES » Jean-François Bach, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences

Proche des concepts de qi, ch'i, ou ki, la fasciathérapie soutient l'existence dans le corps d'un mystérieux mouvement animant les fascias, tissus conjonctifs qui délimitent les organes. Un mouvement imaginaire qui aurait un impact sur la santé. Adepte dans les années 1980 de la secte Shri Ram Chandra (10), Danis Bois a élaboré à cette époque sa pratique qu'il prétend efficace *« dans la prévention ou le soutien du cancer, de la sclérose en plaques, de déficit immunitaire, etc. »*. Des allégations contestées par Olivier Palombi, professeur d'anatomie et de neurochirurgie à l'université de Grenoble et spécialiste de la modélisation anatomique et mécanique des tissus, pour qui les fascias ne sont en aucun cas *« animés d'un mouvement »*. Et balayées par une étude de master réalisée cette année à l'université de Grenoble et qui confirme que la fasciathérapie n'a pas fait la preuve de son efficacité thérapeutique (11). Pour pénétrer les institutions universitaires, l'ancien kiné a emprunté des chemins tortueux mais efficaces en obtenant d'abord un doctorat en sciences de l'éducation à l'université de Séville en 2007. La même année, il s'est fait nommer professeur à l'Université moderne de Lisbonne, un établissement privé portugais qui a fait faillite depuis. Ses diplômes lui ont ouvert les portes des facultés françaises, puisqu'il se présente désormais comme professeur associé de l'université de Rouen. La fasciathérapie a aussi réussi à infiltrer des associations de malades comme l'Association des paralysés de France-Sclérose en plaques (APF SEP) et ses disciples ont noyauté à ce jour au moins cinq hôpitaux français. Ainsi, Nadine Quéré enseigne-t-elle dans le cadre du diplôme universitaire (DU) Stress, Traumatisme et Pathologie de la Pitié-Salpêtrière, à Paris. Plus surprenant encore, cette pratique a fait l'objet d'un essai clinique à… l'ICO d'Angers *(lire plus haut)* !

INTERVIEW **SERGE BLISKO** Médecin, ancien député de Paris, président de la Mission interministérielle de vigilance et de lutte contre les dérives sectaires (Miviludes)

YVES MALENFER/MATIGNON

« Nous allons alerter les universités et les hôpitaux des risques d'infiltration »

Etes-vous inquiets de l'infiltration de mouvements pseudo-thérapeutiques au sein des hôpitaux et des universités déjà dénoncés par la Miviludes ?
Oui, car ce que nous découvrons avec votre enquête, ce sont leurs méthodes d'entrisme. Par exemple, je regrette la facilité avec laquelle des diplômes, reconnus au niveau européen, sont délivrés dans des universités privées à l'étranger, dont on ne sait pas grand-chose. Mais se pose aussi la question des diplômes universitaires (DU)* qu'on a vu fleurir un peu partout en France, sans vraiment de contrôle. Le problème, c'est que ces DU représentent une source de revenu importante pour les universités.

Allez-vous intervenir ?
Nous allons alerter les présidents d'universités, mais aussi la conférence des doyens des facultés de médecine, pour qu'ils prennent conscience que certains DU sont la porte ouverte à toutes les dérives. Quant à Angers, nous devrons en discuter avec le nouveau cabinet du ministre de la Santé, car il y a là un vrai problème. Mais il reste que les universités disposent d'une grande autonomie. Enfin, pour ce qui est de l'infiltration des hôpitaux, nous alerterons la Fédération hospitalière de France et les organisations patronales des établissements de santé.

Ces mouvements noyautent des colloques comme Ecomédecine, placé sous le haut patronage de la ministre de la Santé, Marisol Touraine. N'est-ce pas un étrange mélange des genres ?
Effectivement, car les mouvements dont vous parlez recherchent auprès de partenaires prestigieux un gage de respectabilité. Ce système de haut patronage en particulier devrait sûrement être revu, car il ne veut rien dire et peut être détourné. Or, il n'est pas toujours facile de vérifier le contenu de ces manifestations auxquelles un ministre accorde sa confiance. **Propos recueillis par O. H.**

* Les diplômes universitaires (DU) et les diplômes interuniversitaires (DIU) sont délivrés par une université ou un regroupement d'universités avec un programme et des modalités propres, contrairement aux diplômes nationaux (licence, master, doctorat), délivrés par le ministère de l'Enseignement supérieur. Ces formations sont payantes.

À ANGERS, LES ÉTUDIANTS EN MÉDECINE DOIVENT LIRE UN OUVRAGE VANTANT LA MÉDECINE CHAMANIQUE

Sollicité, le Dr Eric Jadaud, qui dirigeait cette étude, a refusé de répondre à nos questions. Gageons que l'offensive ne fait que commencer : des cohortes de kinésithérapeutes apprennent actuellement la méthode Danis Bois par l'intermédiaire de Point d'appui, un organisme de formation privé fondé en 1998 et dont le siège est à Ivry-sur-Seine, dans le Val-de-Marne, qui délivre master, DU et doctorat reconnus par l'Etat. Et ce, grâce au partenariat avec l'université privée Fernando-Pessoa de Porto où les étudiants ne sont tenus de se rendre que pour la soutenance de leur diplôme, en français.

Un « business » très lucratif puisque la marque « Méthode Danis Bois » affichait déjà en 2009 un chiffre d'affaires de plus de un million d'euros ! Nous sommes également en mesure d'affirmer que Danis Bois bénéficie de soutiens de poids à l'intérieur même du système universitaire français. En particulier celui de Bernard Andrieu, professeur à l'université de Nancy, éminent spécialiste de l'épistémologie du corps et auteur d'une quarantaine de livres. Dans son ouvrage de 2008, *Toucher. Se soigner par le corps*, il dresse un portrait des plus élogieux de l'inventeur de la fasciathérapie. Normal : ce passage n'est ni plus ni moins qu'un « copier-coller » d'un ancien site de Danis Bois, datant de 2002. L'ouvrage, qui contient d'autres emprunts de ce genre, est d'ailleurs paru aux Belles Lettres dansla collection « Médecine et Sciences humaines » où d'autres titres défendent l'intégration des médecines parallèles dans la pratique médicale conventionnelle. Une collection dirigée par Jean-Marc Mouillie, philosophe et maître de conférences à la faculté de médecine d'Angers…

Coïncidence ? c'est à lui que Jean-Paul Saint-André, ancien doyen de la faculté et aujourd'hui président de l'université d'Angers, a confié il y a quelques années la refonte de l'enseignement des sciences humaines en première année de médecine, appelée PACES (première année commune aux études de santé) depuis la rentrée 2010. Une PACES unique en France. Les sciences humaines y détiennent le plus fort coefficient, toutes matières confondues, soit 200 points sur 500 de l'examen du premier semestre, déterminant pour la réussite du concours final. De plus, le seul livre obligatoire que le millier d'étudiants angevins doit acheter est un ouvrage collectif dirigé par Jean-Marc Mouillie lui-même et édité dans sa collection aux Belles Lettres. On y découvre, entre autres, les vertus supposées des thérapies chamaniques et la « médecine par les preuves » (Evidence Based Medicine), fondement de la médecine moderne, y est régulièrement dénigrée. Lorsque nous lui avons présenté ces éléments, Jean-François Bach, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, membre de l'Académie de médecine et surtout concepteur de la réforme PACES, n'a pas caché sa stupéfaction : *« C'est tout à fait inapproprié […] Cet enseignement des sciences humaines devrait rester conventionnel sans entrer dans des problématiques philosophiques ou idéologiques non admises par la majorité des médecins. Je me range du côté de ceux qui veulent limiter leur volume et les coefficients qui y sont associés. »* Jean-Marc Mouillie n'a quant à lui pas donné suite à nos demandes d'entretien.

17 THÈSES SUR LA « FASCIA-THÉRAPIE » SONT EN COURS DANS LES UNIVERSITÉS

Jean-Paul Saint-André et l'université d'Angers avaient déjà fait parler d'eux voilà quelques mois (12) à l'occasion d'un grave conflit opposant Hugues Gascan, directeur d'un laboratoire Inserm (unité 564), à l'une de ses chercheuses. Celle-ci, Pascale Jeannin, professeur de médecine, est proche d'Omalpha, un mouvement ésotérique mystique mené par le Canadien Jean Bouchart d'Orval. Or, Hugues Gascan dénonçait les interférences entre cette organisation spiritualiste et la recherche scientifique au sein de son unité. La chercheuse a alors porté plainte contre son « patron » pour harcèlement moral, obtenant sa condamnation en novembre 2010, condamnation confirmée en appel le 5 janvier 2012. L'affaire est aujourd'hui en cassation.

Mais en poursuivant nos investigations, nous avons découvert que Jean Bouchart d'Orval serait lié à la secte russe Ashram Shambala, dont le gourou Konstantin Rudnev est actuellement jugé à Novossibirsk, en Russie, pour diverses activités criminelles, en particulier dans des réseaux de prostitution *(lire notre enquête complète sur notre site)*. Un réseau qui semble se prolonger aux Etats-Unis et au Brésil. Que doit-on craindre de la présence d'organisations criminelles dans le périmètre d'une université et d'un laboratoire de recherche ? Est-ce une menace pour le patrimoine scientifique français ? De son côté, Matignon, par le biais du Centre d'analyse stratégique (CAS), réfléchit à son tour à créer un « label » pour les thérapies non conventionnelles.

Olivier Hertel

En délivrant des masters européens aux élèves de Danis Bois, le kinésithérapeute inventeur de la « fasciathérapie », l'université privée Fernando-Pessoa, à Porto, ouvre les portes du monde universitaire à cette pratique.

(1) www.miviludes.gouv.fr/sites/default/files/publications/francais/guide_sante_complet.pdf
(2) www.dailymotion.com/video/x300i2_le-reiki-en-dvd_news
(3) http://sciencesetavenir.nouvelobs.com/sante/20110928.OBS1294/biologie -totale-une-condamnation-en-belgique.html
(4) On a tué ma mère. Ed. Buchet Chastel.
(5) Le prénom a été modifié
(6) www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21531671
(7) www.thelancet.com/journals/ lancet/article/PIIS0140-6736(97)21011-1/fulltext
(8) http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.3322/canjclin.54.2.110/abstract
(9) www.cancer.gov/cancertopics/pdq/cam/antineoplastons/Patient/page2
(10) www.assemblee-nationale.fr/rap-enq/r2468.asp
(11) http://cortecs.org/bibliotex/647-esprit-critique-a-kinesitherapie-deux-memoires-defrayent-la-chronique
(12) http://sciencesetavenir.nouvelobs.com/fondamental/20120404.OBS5424/quand-la-recherche-marche-sur-la-tete.html

Comment la 4G permet-elle de bo

Pour les équipements mobiles, les réseaux actuels ont du mal à grimper en débit. La solution : la 4G. Basée sur une transmission des données au standard IP, la 4G met à contribution de nouvelles fréquences et un nouveau type de codage de la transmission. Dans un premier temps, elle devrait proposer des débits de 30 à 100 mégabits/seconde, soit déjà 3 à 10 fois mieux que l'ADSL. A terme, c'est le gigabit/seconde qui devrait être atteint.

Henri-Pierre Penel
Illustration : Henry Ortega/Idé

L'antenne-relais transmet l'appel, par fibre optique, au centre de supervision réseau de l'opérateur, en Ile-de-France. Il localise le destinataire et achemine, toujours par fibre optique, la communication vers l'antenne-relais dont il dépend.

ZONES DE COUVERTURE

Afin de limiter le nombre de communications acheminées par une antenne en même temps, la taille des cellules (la zone de couverture de chaque antenne) varie selon la densité de population.

ZONE URBAINE

ZONE PÉRIURBAINE

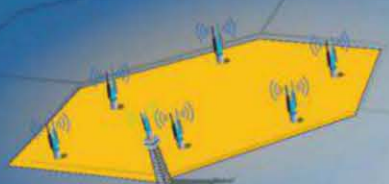
ZONE RURALE

CODAGE

Pour assurer un débit élevé, les données sont réparties sur milliers de fréquences, dites sous-porteuses. Ce que ne permettait pas la 3G

ZONE TRÈS DENSE

En zone très urbanisée, plusieurs antennes-relais peuvent acheminer conjointement la communication – une possibilité qui n'existait pas en 3G. Elles fonctionnent alors en mode dit MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) et forment une sorte de mini-réseau local.



ÉMISSION

Le smartphone code le message (appel vocal, vidéo, musique…) au format IP (Internet Protocole) : une norme de regroupement des données par paquets qu'utilise le Web. En 3G, la voix était traitée indépendamment des autres données.

Les données sont transmises par liaison radio vers l'antenne-relais.

Le mode de transmission utilisé, dit OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing), limite notablement la perte de données par brouillage et améliore ainsi le débit de la transmission.

Les plages de fréquences

- **1 kHz (kilohertz)** = 1000 hertz, soit 1000 oscillations par seconde.
- **1 MHz (mégahertz)** = 1000 kHz, soit 1 million d'oscillations par seconde.
- **1 GHz (gigahertz)** = 1000 MHz, soit 1 milliard d'oscillations par seconde.

oster le transfert des données ?

Des plus en plus vite

Quelques exemples de comparaison des débits

	3G+	3G+ Grande vitesse	4G
Applications 2Mo	6 s	3 s	1 s
Album MP3 50Mo	2 min 20 s	16 s	8 s
Vidéo 700Mo	31 min 10 s	3 min 50 s	1 min 16 s

DÉCODAGE

A la réception, le téléphone pratique l'opération inverse de l'émission. Il regroupe les données réparties sur les différentes sous-porteuses et retrouve le flux numérique d'origine.

RÉCEPTION

Le flux est reconnu par le smartphone qui détecte s'il s'agit d'une communication vocale, d'une vidéo ou de musique.

En France, c'est pour quand ?

- **2011** — Attribution des fréquences 4G aux opérateurs.
- **2012** — Modification des antennes et mise en place du réseau sur des villes tests (Lyon, Marseille, Nantes…).
- **2013** — Premiers abonnements 4G. Couverture progressive de Paris à partir de l'été 2013.
- **2014** — Déploiement de la 4G plein débit (1 Gbit/s).

ALBERT FACELLY/FEDE PHOTO

REPÈRES

BIO EXPRESS

1944 : naissance à Casablanca (Maroc).

1971 : thèse d'Etat de physique.

1994-2000 : directeur du département de physique de l'ENS.

1993 : membre de l'Académie des sciences.

2009 : médaille d'or du CNRS.

2012 Prix Nobel de physique.

LEXIQUE

PHOTON : un grain de lumière, ou photon, est une particule sans masse, échangée à chaque fois que se manifeste la force électromagnétique.

MONDE SUBATOMIQUE : désigne les particules dont la taille est inférieure à la taille de l'atome.

ORDINATEUR QUANTIQUE : ici, l'unité d'information n'est pas un bit classique (0 ou 1) mais un qubit, qui peut être la superposition de 0 et 1.

NOBEL DE PHYSIQUE

Serge Haroche, maître du photon

Le Français a été récompensé pour ses travaux en physique quantique qui lui ont permis de dompter la lumière.

« **Lorsque j'ai vu l'indicatif** *de la Suède s'afficher sur mon téléphone, j'ai compris*, raconte Serge Haroche, *je me trouvais près d'un banc, je me suis assis. Le prix Nobel fut une vraie surprise…* » Pourtant, un parfum de Nobel a toujours flotté dans le laboratoire de ce chercheur, âgé de 68 ans : il a mené sa thèse sous la direction de Claude Cohen-Tannoudji, prix Nobel 1997, qui avait été élève d'Alfred Kastler, prix Nobel 1966 ! Serge Haroche lui-même connaît les honneurs depuis son plus jeune âge. Ce professeur au Collège de France, directeur du groupe d'électrodynamique des systèmes simples au laboratoire Kastler Brossel (LKB, Collège de France et Ecole normale supérieure) arrive à Paris en 1956 après une enfance passée à Casablanca. Il enchaîne les classes préparatoires et passe le concours de l'Ecole polytechnique où il est reçu premier, mais choisit l'Ecole normale supérieure par passion de la recherche. Sa thèse sur la physique quantique est pour lui une révélation : c'est dans cette jeune science du monde subatomique qu'il décide de s'engager. Sa trajectoire à travers les universités où il enseigne (université Pierre-et-Marie-Curie, mais aussi le MIT, Yale, Stanford ou Harvard, aux Etats-Unis) est jalonnée de succès : il a été, entre autres, lauréat de la médaille d'or du CNRS en 2009. Le prix Nobel vient donc couronner une carrière hors normes.

Cette récompense suprême honore surtout un travail inventif qui ouvre un nouveau champ de

recherche – encore loin d'être totalement défriché –, celui des interactions entre matière et lumière. L'équipe de Serge Haroche explore le moment unique où un objet obéissant aux lois de la physique quantique bascule dans le monde classique, celui qui nous est familier. Ce passage entre deux mondes est appelé la « décohérence ». Avant cette transition, règne la physique quantique qui régit le monde subatomique. Selon ses règles – hautement contre-intuitives –, un chat peut être à la fois mort et vivant comme l'avait montré la célèbre expérience de pensée du physicien Erwin Schrödinger. Cette « superposition » de deux états – mort et vivant – perdure jusqu'à ce qu'un observateur extérieur vienne constater l'état du chat : l'animal « quitte » alors l'état de superposition quantique et « entre » dans le monde de la physique classique qui nous est familier où un chat est soit mort, soit vivant. C'est la décohérence. De la même manière, il est impossible de connaître le nombre de grains de lumière piégés dans une boîte. Ce nombre peut prendre n'importe quelle valeur dans une mesure. Tout ce que prédit la physique quantique c'est la probabilité des différents résultats. Mais si l'on veut connaître précisément ce nombre en introduisant dans la boîte un instrument de mesure, on perturbe le système qui perd son caractère quantique et devient *illico* classique.

Le travail de l'équipe de Serge Haroche consiste donc à modifier – par mille et une astuces imaginatives – le moment où survient la décohérence et à forcer ainsi un système à conserver le plus longtemps possible son caractère quantique. Ainsi, il y a un an à peine *(lire* S. et A. *n° 776, octobre 2011)*, les physiciens du LKB ont réussi à piéger un nombre précis de photons dans une cavité. Pour les compter, ils ont utilisé des « atomes sondes » qui prennent une empreinte de la cavité sans interagir avec elle selon une technique inventée dans les années 1970 par Serge Haroche lui-même. Ainsi, il devient possible de décrire l'état du piège à photons sans trop perturber son contenu. C'est là une manière de prolonger le comportement quantique. En ligne de mire de cette recherche, certes à très long terme, naît l'espoir de voir l'ordinateur quantique prendre enfin corps. Ses performances – rapidité et puissance de calcul – reposant sur les propriétés quantiques de la matière, la maîtrise de la décohérence est cruciale pour concevoir ces ordinateurs du futur sans que la banale réalité classique ne vienne « gâcher » la magie quantique.

Le 13e Nobel français de physique reconnaît cependant volontiers que l'ordinateur quantique n'est pas encore pour demain et préfère insister sur la nécessité, avant tout, de comprendre l'intimité du monde. Un travail d'équipe auquel il tient par-dessus tout. Le chercheur pilote d'ailleurs un projet en ce sens : un « hôtel à projets » pour accueillir au Collège de France de jeunes équipes se consacrant à des projets de recherches originaux et ambitieux. De quoi enrichir encore la prestigieuse lignée de physiciens Nobel français ? **Azar Khalatbari**

Un prix partagé avec David Wineland

SIPA

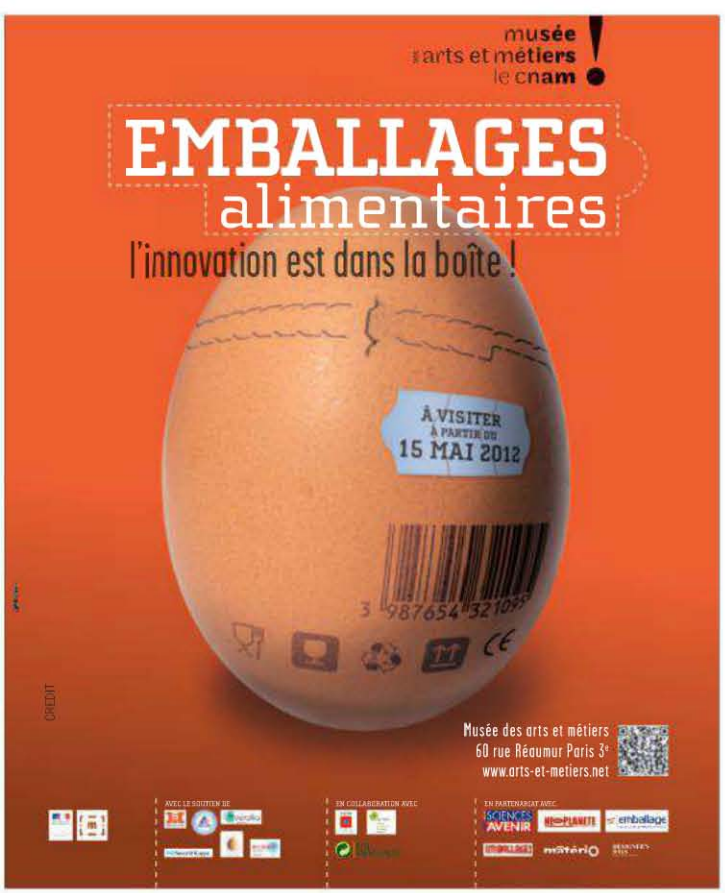
David Wineland, 68 ans, de l'institut national des standards et de technologie (NIST) de Boulder, aux Etats-Unis).

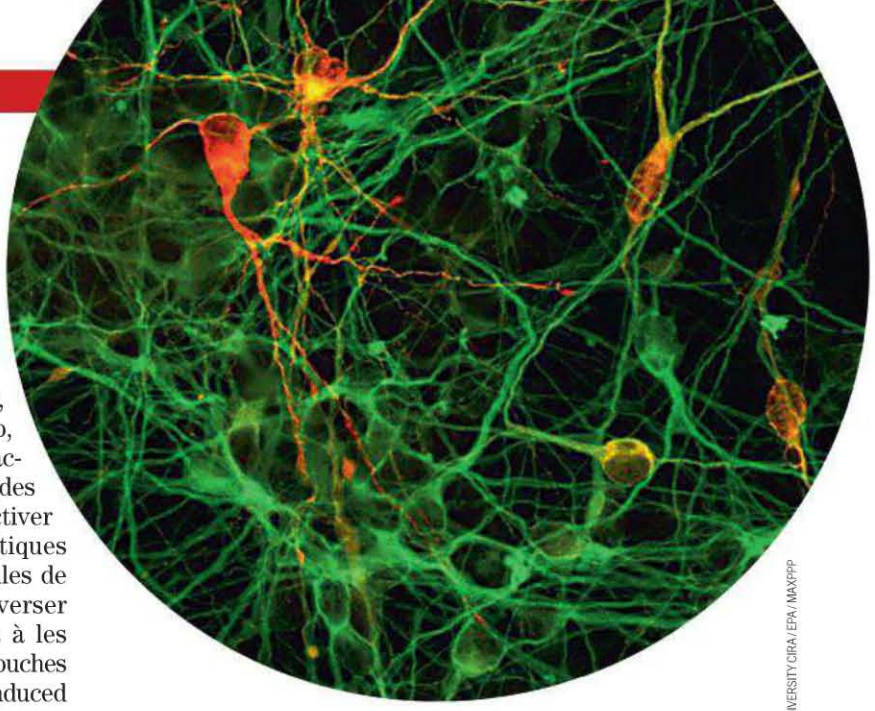
En distinguant également l'Américain David Wineland, le jury du Nobel a voulu honorer des travaux complémentaires et symétriques à ceux de Serge Haroche. En effet, dans ses expériences sur les interactions entre la matière et la lumière, David Wineland piège des particules de matière, des ions, là où l'équipe française isole des photons, grains de lumière. Ses travaux de l'Américain ont permis de mettre au point une horloge extrêmement sensible : un ion maintenu immobile grâce à des lasers dans un champ électromagnétique devient un oscillateur ultraprécis, c'est-à-dire une horloge qui dérive d'à peine une seconde tous les 3,7 milliards d'années. Un tel instrument permet de tenir compte des effets très subtils de la relativité générale comme le fait qu'un déplacement de masse à proximité de l'horloge peut faire varier la durée de la seconde. Cette précision a créé une nouvelle référence dans la mesure du temps. David Wineland a été lauréat de nombreux prix, entre autres de la médaille nationale des sciences de la Société américaine de physique, en 2008. Et il s'inscrit aussi dans la lignée d'une longue tradition de prix Nobel : il a mené sa thèse sous la direction de Norman Ramsey, prix Nobel de physique 1989 pour ses travaux sur les horloges atomiques, et qui fut lui-même élève d'Isidor Isaac Rabi, lauréat en 1944 pour ses découvertes sur le noyau atomique. **A. Kh.**

Il a dit

« Je pense que mon travail aura des applications, mais si on me demandait lesquelles, je serais bien incapable de répondre »

Serge Haroche, mardi 9 octobre, sur le site des prix Nobel nobelprize.org





KYOTO UNIVERSITY CIRA / EPA / MAXPPP

Ces neurones ont été obtenus par des chercheurs de l'université de Kyoto (Japon) à partir de cellules souches pluripotentes dites iPS.

NOBEL DE MÉDECINE

La révolution de la programmation cellulaire

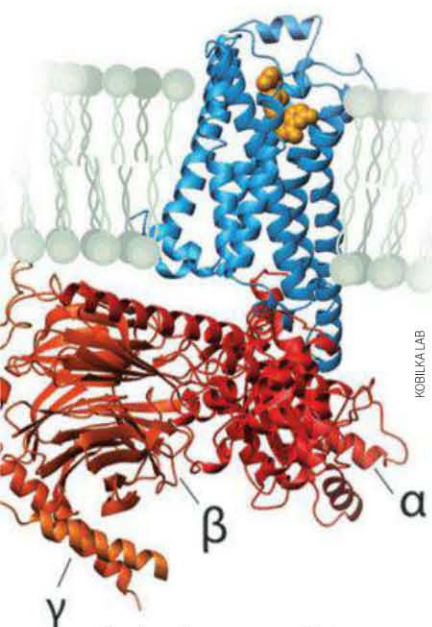
Plus de quatre décennies séparent les découvertes des deux lauréats du Nobel 2012 de physiologie et de médecine ! Quoi de plus logique pour des travaux permettant aux cellules de s'affranchir du temps… Ainsi, en 1962, le Britannique John Gurdon, de l'université de Cambridge, distingué par le jury suédois, découvre qu'il est possible de modifier la spécialisation d'une cellule d'animal. Il remplace le noyau d'un œuf de grenouille par celui d'une cellule adulte de têtard. En dépit de cette modification, l'œuf se développe en un têtard puis une grenouille.

Dans la pratique, ces manipulations de transfert de noyau allaient conduire au clonage et à la brebis Dolly en 1996. Mais il aura fallu attendre quarante-quatre ans pour que soit pleinement exploité le principe même de la reprogrammation cellulaire telle qu'amorcée par le chercheur. En 2006, le Japonais Shinya Yamanaka, de l'université de Kyoto, ajoute en effet quatre facteurs de transcription (des protéines capables d'activer des programmes génétiques particuliers) à des cellules de peau et parvient à inverser leur programmation et à les faire redevenir cellules souches pluripotentes. Les iPS (Induced Pluripotent Stem cells) sont nées *(voir* S. et A. n° 731, janvier 2008). Et les retombées sont gigantesques car les iPS sortent alors la recherche en biologie cellulaire de l'ornière éthique dans laquelle les travaux sur l'embryon humain l'ont embourbée. Il y a désormais une alternative au clonage ou aux embryons surnuméraires issus de fécondations *in vitro* : pour obtenir des cellules souches, il suffit de faire prendre à des cellules adultes le cocktail de jouvence du Dr Yamanaka. La voie à une future médecine régénératrice capable de restaurer des tissus endommagés chez un individu. « *Il est tout à fait pertinent que le Nobel ait associé ces deux découvertes* », commente aujourd'hui Laurent Kodjabachian (Institut de biologie du développement de Marseille-Luminy, CNRS), qui pensait que l'Académie suédoise attendrait la première application pratique pour récompenser la technique. Qu'elle ait hâté les choses démontre bien, à ses yeux, l'importance fondamentale des travaux de ces deux pionniers. **H. R.**

AFP

LES LAURÉATS

John Gurdon (65 ans) (à gauche), de l'université de Cambridge, au Royaume-Uni.
Shinya Yamanaka (50 ans), de l'université de Kyoto, au Japon, et de l'institut Gladstone, à San Francisco, aux Etats-Unis.



KOBILKA LAB

Ce récepteur encapsulé dans la paroi d'une cellule appartient à la famille de ceux découverts et modélisés par les deux lauréats.

NOBEL DE CHIMIE

Et nos cellules devinrent sensibles…

Les Américains Robert Lefkowitz et Brian Kobilka sont lauréats du prix Nobel de chimie 2012 pour leur description du fonctionnement des « récepteurs couplés aux protéines G ». Derrière ce terme scientifique se cache la porte d'entrée dans nos cellules d'environ la moitié des médicaments (notamment les bêtabloquants ou les antihistaminiques). Ces récepteurs forment une vaste famille de capteurs rendant nos cellules sensibles à des molécules aussi variées que la sérotonine, l'adrénaline, la dopamine, mais aussi à la lumière ou aux odeurs.

Relativement peu nombreux, encapsulés dans la paroi externe des cellules, les récepteurs couplés aux protéines G ont longtemps échappé aux scientifiques. Robert Lefkowitz, qui ambitionnait d'abord de devenir cardiologue, a consacré toute sa carrière à leur identification. Il révéla les premiers au milieu des années 1970. Il prit ensuite Brian Kobilka dans son équipe dans les années 1980 pour étudier la structure moléculaire des récepteurs et les gènes qui commandent leur synthèse. La jeune recrue découvrit des analogies entre différents types de récepteurs pour en déduire qu'il ne s'agit que d'une seule et même famille : tous interagissent avec la protéine G, celle qui transmet l'information à l'intérieur de la cellule (et dont la découverte a été récompensée par le prix Nobel de médecine en 1994). **M. N.**

SIPA-AFP

LES LAURÉATS

Brian Kobilka (57 ans) (à gauche), de l'université Stanford (Californie), aux Etats-Unis.
Robert Lefkowitz (69 ans), de l'institut médical Howard Hughes de Chevy Chase (Maryland) et de l'université Duke (Caroline du Nord), aux Etats-Unis.

LASCAUX

EXPOSITION INTERNATIONALE

INTERNATIONAL EXHIBITION

En première mondiale à Bordeaux
du 13 octobre 2012 au 6 janvier 2013
à Cap Sciences

Conseil Général de la Dordogne
RÉGION AQUITAINE
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
CAP SCIENCES

CAP SCIENCES - RÉGION AQUITAINE
HANGAR 20 - QUAI DE BACALAN - BORDEAUX
+33 (0)5 56 01 07 07 - **www.cap-sciences.net**

Avec le soutien du

PARASISMOLOGIE

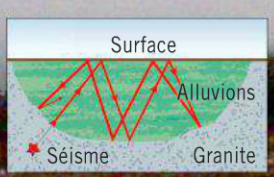
Des physiciens ont dévié des ondes sismiques

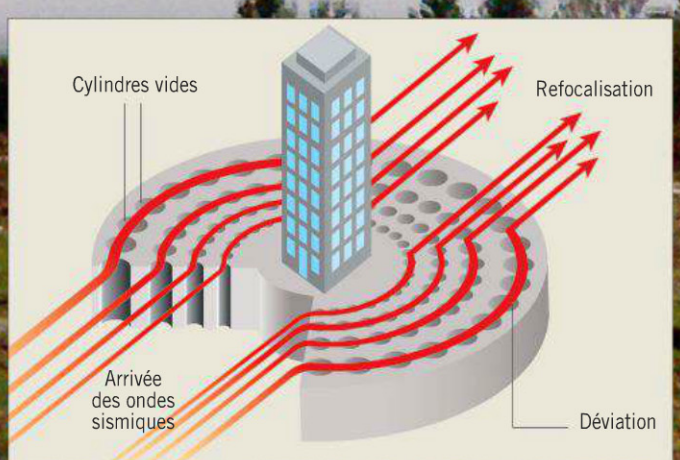
En creusant un réseau de trous dans le sol, des chercheurs français sont parvenus à préserver une zone des effets d'un séisme. Une avancée dans la protection des bâtiments sensibles.

Pour la première fois, l'homme a dévié des ondes sismiques se propageant à la surface de la Terre. L'expérience s'est déroulée le 26 septembre dans la banlieue lyonnaise, à Saint-Priest. Une grue a lâché une masse de 20 tonnes suspendue à 20 mètres au-dessus du sol. Le choc a provoqué l'équivalent d'un séisme de magnitude 4. L'idée était de protéger une zone dont la surface aurait pu accueillir un immeuble. Comment ? Grâce à un réseau de trous cylindriques formés par l'impact répété d'une masse de 17 tonnes également lâchée depuis une grue (technique dite de compactage dynamique). Sous l'effet du choc, la colonne de terre sous chaque trou devient très compacte. « *Nous modifions ainsi les propriétés mécaniques du sol* », explique Stephane Brûlé, de l'entreprise Ménard (filiale de Vinci), qui a réalisé l'opération. Les données enregistrées par les sismomètres ont montré que la zone protégée a bien été épargnée. « *Le trajet de l'onde a été modifié* », se réjouit Stéphane Brûlé. En outre, après avoir traversé le réseau, les vibrations ont été amorties de 30 %. Un succès au vu de la complexité de la tâche.

Ces travaux s'inscrivent dans une discipline encore toute jeune : la science des « métamatériaux », soit la conception et l'étude de matériaux aux propriétés inédites qui n'existent pas dans la nature. Considérée comme l'une des voies les plus prometteuses en physique, elle n'a réellement décollé qu'en 2006, dans l'incrédulité générale, lorsque l'équipe de John Pendry, de l'Imperial College de Londres, a annoncé la mise au point d'une « cape d'invisibilité » aux micro-ondes. Ce dispositif rend un objet « invisible » à ce type de rayonnement, c'est-à-dire qu'aucun rayon ne le percute ni n'est réfléchi par lui, grâce à une parfaite maîtrise du trajet des ondes. Concrètement, cette cape ressemble plutôt à un dessous-de-plat métallique recouvert de petits plots. Ceux-ci sont écartés les uns des autres de quelques millimètres (soit un dixième de la longueur d'onde des micro-ondes). Tout objet placé au centre du dispositif devient alors invisible aux micro-ondes.

L'installation de l'expérience menée le 26 septembre dans un terrain vague, à Saint-Priest (Rhône).





Les effets destructeurs des séismes sont souvent dus aux ondes de surfaces qui subissent plusieurs réflexions *(ci-dessus)* en fonction de la configuration du terrain. Un réseau concentrique de cavités permet de dévier certaines ondes, en changeant les propriétés mécaniques du sol.

SYLVIE DAOUDAL

A l'époque, la chose avait à la fois fasciné et déçu : l'expérience était extraordinaire mais sa transposition au domaine du visible théoriquement difficile. Car en passant d'un rayonnement micro-onde à un rayonnement perceptible à l'œil, il faudrait ajuster la taille des plots dans les mêmes proportions. « *Les longueurs d'onde du visible varient entre 400 et 700 nm et une telle cape d'invisibilité devrait comporter des structures d'une dizaine de nanomètres, soit le dix-millième de la taille d'un cheveu!* », explique Sébastien Guenneau, de l'institut Fresnel, à Marseille.

Les chercheurs ont néanmoins entrepris d'explorer tous les phénomènes ondulatoires, depuis les ondes éléctromagnétiques (radar, électronique, optique), jusqu'aux ondes de pression (tsunamis et séismes). Les lois de propagation sont les mêmes, et du moins en théorie, un anneau d'invisibilité pourrait exister pour chaque longueur d'onde. Ainsi, Stefan Enoch et Mohamed Ferhat de l'institut Fresnel, en collaboration avec Alexander Movchan, de l'université de Liverpool (Royaume-Uni), ont développé en 2008 un dispositif anti-vague, testé avec succès au sein d'une cuve posée sur une paillasse. L'idée d'appliquer les métamatériaux aux ondes sismiques a alors fait naturellement son chemin. Coup de chance : Stéphane Brûlé a lu une revue d'ingénierie sur les propositions d'expériences du laboratoire marseillais. Ce fut le début de la collaboration. Mais il y a une vraie difficulté à transposer une expérience de laboratoire, où la fréquence de l'onde est bien précise, à un séisme, à l'origine de toute une gamme de fréquences. Sans compter que le sol est un milieu complexe et hétérogène.

« *Nous nous sommes concentrés sur la configuration du terrain, car elle peut avoir des conséquences très importantes sur les résultats*, explique Stéphane Brûlé. *Lorsque le socle granitique forme, par exemple, une cuvette remplie d'alluvions, les ondes sismiques se trouvent amplifiées en surface. Elles peuvent aussi être réfléchies de nombreuses fois, augmentant ainsi la durée et l'intensité des secousses. Leur énergie se libère alors sur une petite région créant beaucoup de dégâts. Leur longueur d'onde, de quelques dizaines à des centaines de mètres, est comparable aux dimensions des constructions de surface, d'où leur effet destructeur.* »

Une façon de dire qu'il reste maintenant à apprendre à ajuster le diamètre et la hauteur des trous cylindriques à la configuration de chaque lieu et d'en évaluer le coût et la faisabilité.

Azar Khalatbari

MENARD

DANS LA COLLECTION
L'ODYSSÉE DES SCIENCES

LA MAGIE DU COSMOS
ET L'UNIVERS ÉLÉGANT

Adaptée des best-sellers
du physicien Brian Greene,
une série documentaire époustouflante
sur les infinis mystères du cosmos

en DVD VIDEO et Blu-ray Disc

Brian Greene nous invite
à un vertigineux voyage dans le
temps, l'espace et l'univers…

Quand la science ébranle
toutes les certitudes.

Retrouvez de nombreux compléments sur
www.arte.tv/cosmos

SCIENCES AVENIR · Le nouvel Observateur · COMMENT ÇA MARCHE · arte EDITIONS

MATHÉMATIQUES

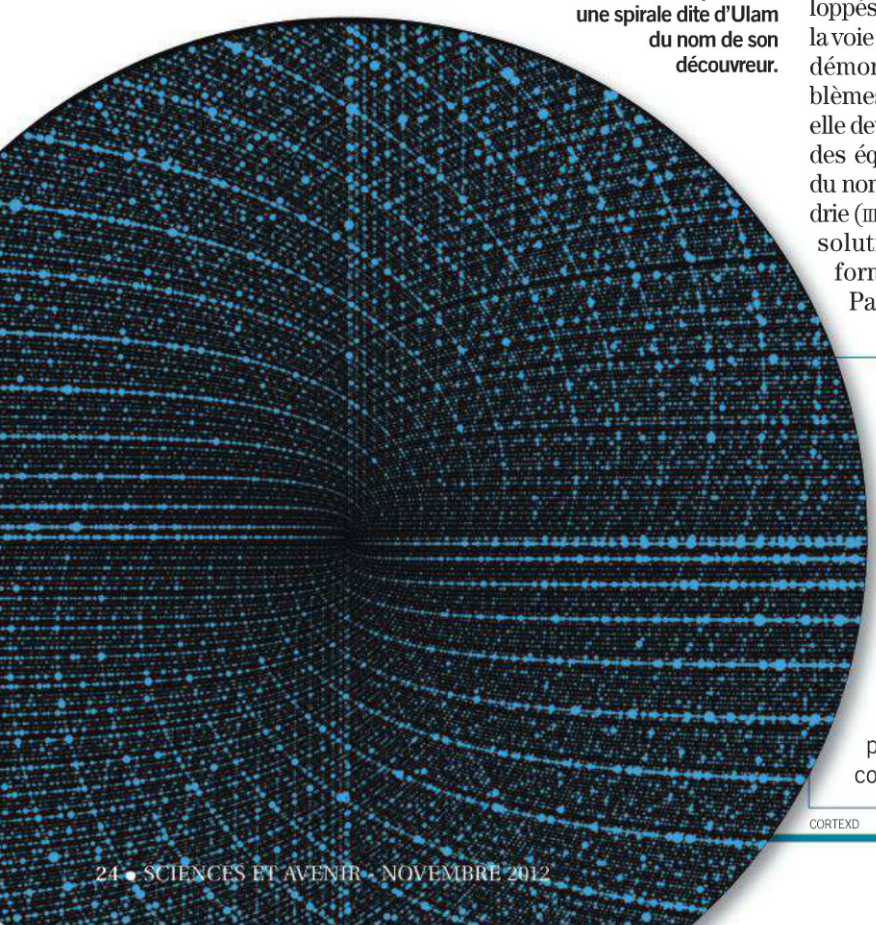
Nouveau Big Bang en théorie des nombres ?

Un chercheur japonais serait venu à bout de la conjecture abc, jusque-là indémontrable. Une nouvelle voie pour résoudre des problèmes associés.

On n'avait pas vu telle effervescence dans la communauté des mathématiciens depuis 1994 et la démonstration du théorème de Fermat par le Britannique Andrew Wiles : selon la revue *Nature*, après quatre ans de travail, Shinichi Mochizuki, de l'université de Kyoto, serait venu à bout d'un autre monstre supposé invincible de la théorie des nombres, la conjecture abc *(lire lexique)*. Une nouvelle qui peut laisser de marbre la majorité d'entre nous, mais qui constitue une grande victoire théorique pour la communauté des mathématiciens.

DR

La conjecture abc – à laquelle Shinichi Mochizuki a proposé une solution – permet de percer quelques-unes des énigmes des nombres premiers. Ci-dessous, la suite des nombres premiers (en bleu clair) qui forme une spirale dite d'Ulam du nom de son découvreur.



Formulée conjointement en 1985 par le Français Joseph Oesterlé de l'université Pierre-et-Marie-Curie et David Masser de l'université de Bâle en Suisse, la conjecture abc *« établit un lien entre une propriété de la multiplication – la décomposition d'un nombre en produit de nombres premiers – et l'addition »*, explique Martin Andler, du Laboratoire de mathématiques de l'université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines. C'est précisément sur cette décomposition qu'est fondée toute la cryptographie moderne, et donc tous nos systèmes de chiffrement, au premier rang desquels celui des transactions bancaires.

Si la conjecture abc intéresse tant les mathématiciens, c'est que sa preuve et les outils développés pour l'établir ouvriraient la voie vers une nouvelle série de démonstrations d'autres problèmes qui lui sont liés. Ainsi, elle devrait faciliter la résolution des équations diophantiennes, du nom de Diophante d'Alexandrie (IIIe siècle), qui cherchait des solutions uniquement sous forme de nombres entiers. Par exemple, elle permettrait de déterminer tous les triangles rectangles dont les côtés, mesurés en centimètres, sont des nombres entiers. Puisque – si l'on se souvient bien de ses cours de lycée – l'hypoténuse au carré d'un triangle rectangle est la somme des carrés des deux autres côtés.

Pour l'heure, le conditionnel reste de rigueur. D'abord parce que la démonstration de la conjecture occupe 500 pages de formules ! Et les quatre articles publiés sur Internet par Shinichi Mochizuki n'en sont qu'un petit aperçu. Pour les examiner dans les moindres détails, la tâche est colossale, et les spécialistes à même de suivre le raisonnement peu nombreux. La vérification sera donc longue. *« Au moins plusieurs mois*, estime Joseph Oesterlé, *car pour les besoins de cette démonstration, Shinichi Mochizuki a développé un nouveau langage mathématique auquel il va falloir s'adapter. »*

Azar Khalatbari

LEXIQUE

CONJECTURE : une proposition qui doit être vraie mais qui n'a pas été encore démontrée.

NOMBRE PREMIER : un nombre uniquement divisible par lui-même et par 1.

CONJECTURE ABC : Soit une équation simple $(a + b = c)$ où a, b, c sont trois nombres entiers positifs n'ayant pas de diviseur commun (par exemple $2 + 3 = 5$, mais pas $2 + 2 = 4$). Soit d le produit des diviseurs premiers de a, b, ou c. D'après la conjecture abc, d ne peut être beaucoup plus grand que c. Plus précisément $c/d^{(1+\varepsilon)}$ est inférieur à une constante qui dépend de ε, $k(\varepsilon)$, ε étant proche de zéro.

CORTEXD

QUESTIONS À VINCENT BONTEMS Philosophe au Laboratoire de recherche sur les sciences de la matière (Larsim) du CEA

DR

« Faire rayonner les lumières de la physique »

La 13e Rencontre de physique et interrogations fondamentales, le 24 novembre, aura pour thème « Les nouvelles lumières » avec un sous-titre : « Comment la physique continue d'éclairer le monde *(lire aussi p. 91)* ». Chercheur et philosophe, son organisateur nous la présente.

Qui participe à cette journée ?

Un public large de curieux afin que les valeurs d'universalité et de raison portées par la science rayonnent au-delà de ses frontières. Nous sommes convaincus que la réflexion apportée par la physique contemporaine peut conférer du sens au monde de demain.

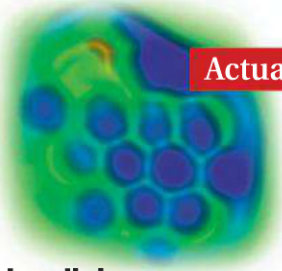
Que se cache-t-il derrière ces « nouvelles lumières » ?

Nous avons voulu jouer avec le mot lumière : c'est un clin d'œil pour aborder à la fois la diversité des lumières qu'exploite la physique et aussi l'esprit des Lumières. La science est indissociable des valeurs qu'elle porte : le progrès, la raison, la tolérance… Le premier exposé, celui d'Etienne Klein, sera une interrogation : l'esprit des Lumières souffle-t-il encore ? Et à la fin de la journée, avant de lancer la table ronde, nous avons décidé de pointer les « fausses lumières » : le sociologue des sciences Yves Gingras, de l'université du Québec à Montréal, décryptera la montée du mysticisme. Nous verrons que certains scientifiques eux-mêmes n'y sont pas étrangers.

Les lumières de la physique ne sont-elles pas aussi une exploration de l'inaccessible ?

En effet, les cosmologistes explorent le « rayonnement fossile », cette lumière des origines qui baigne l'Univers tout entier, car les énigmes des premiers instants y sont inscrites. De même, la lumière infrarouge captée par le télescope Herschel révèle l'environnement qui a vu naître les étoiles. Quant aux neutrinos, ils constitueront des messagers d'un genre nouveau en provenance des toutes premières fractions de seconde du cosmos. Autant de chemins vers le passé.

Propos recueillis par A. Kh.


IBM RESEARCH - ZURICH

Les liaisons chimiques dévoilées

On peut désormais visualiser les liaisons chimiques dans une molécule organique. Pour preuve, ci-dessus, le dibenzoparanaphtopérylène, immortalisé par une équipe de chercheurs suisses, espagnols et français. On voit que les hexagones ne sont pas réguliers, preuve que les liaisons ne sont pas toutes de même taille.
En effet, c'est la nature d'une liaison qui conditionne sa taille et sa réactivité.
L'image a été saisie grâce à un microscope « à force atomique », dans lequel une minuscule pointe parcourt l'échantillon, en étant d'autant plus repoussée que la densité d'électrons est élevée.

www.sciencesetavenir.fr

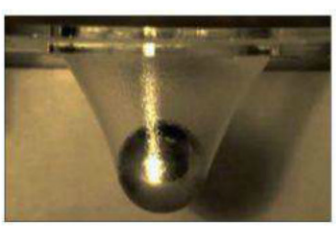
MATÉRIAUX

Le gel qui plie, mais ne rompt pas

Souple et dur à la fois. Des chercheurs coréens et américains ont réussi à fabriquer un matériau combinant ces deux propriétés antagonistes. Ils ont ainsi créé un gel extrêmement solide bien que contenant 90 % d'eau : ainsi, une membrane de 1 mm d'épaisseur peut-elle recevoir une bille d'acier de 64 g lâchée depuis une hauteur de 1,86 m, sans pour autant se rompre.

La recette de ce matériau : une substance renfermant deux polymères, du polyacrylamide et de l'alginate, qui forment un double réseau imbriqué. L'un des réseaux est constitué essentiellement de liaisons « covalentes », des liaisons fortes entre atomes, responsables de la dureté mais aussi de la fragilité d'un matériau. L'autre est formé de liaisons plus faibles, capables de dissiper l'énergie d'un choc sur une large zone, assurant ainsi la résistance de l'ensemble.

Grâce à leur invention, les chercheurs espèrent proposer de nouvelles alternatives pour des matériaux utilisés dans des applications biomédicales comme les lentilles de contact ou les cartilages artificiels. **C. M.**


JEANG-YUN SUN

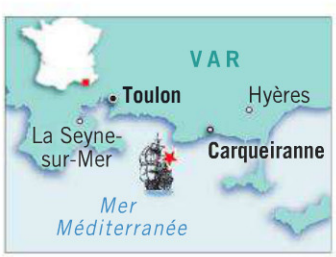
Le gel très fin à base de polymères résiste au poids de la bille d'acier.

ARCHÉOLOGIE

On a plongé sur la « Lune » !

Au large de Toulon, à 90 m de profondeur, se déroule une expédition sous-marine aux moyens exceptionnels. Objectif ? Percer les secrets d'un vaisseau de Louis XIV.

En 2018, les archéologues travaillant sur des épaves par 800 mètres de fond, se souviendront-ils que *« tout avait débuté sur la* Lune, *en octobre 2012 »* ? La *Lune*, un trois-mâts de la flotte de Louis XIV, perdu au large de Toulon, le 5 novembre 1664, avec un millier d'hommes à bord *(lire l'encadré)*. Entre le 1er et le 15 octobre, s'est en effet déroulée une expédition sous-marine qui a mobilisé des moyens encore jamais vus : navire océanographique, plongeurs de la Marine nationale, sous-marin miniature biplace (le *Remora 2000* de la Comex), robots sous-marins télécommandés par câble (ROV : Remotely Operated underwater Vehicule), hélicoptère… Avec



SYLVIE DAOUDAL

l'objectif d'étudier le vaisseau du Roi-Soleil, naufragé il y a 350 ans au sud de Carqueiranne (Var), et retrouvé à 90 m de profondeur par le sous-marin *Nautile* de l'Ifremer, en 1993.

« A épave d'exception, moyens d'exception », déclare Michel L'Hour, le directeur du Département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines (Drassm) depuis l'*André-Malraux*, le nouveau fleuron de l'archéologie sous-marine française. Mais le coordinateur de l'opération voit déjà plus loin. *« Cette intervention est la première partie d'un chantier expérimental destiné à développer des méthodes adaptées aux exigences des fouilles en grande profondeur. Ce que nous saurons faire sur la* Lune *avec des robots à 100 m de profondeur (limite actuelle des plongées humaines), nous pourrons le faire à 1000 ou 2000 m. C'est tout l'enjeu technologique et scientifique de cette entreprise. »*

En attendant, retour sur l'*André-Malraux*, en octobre. Mer d'huile, ciel bleu. Sur le pont arrière et à l'intérieur du bâtiment océanographique, chacun s'affaire. *« Nous venons d'atteindre -88 m… Le ROV continue sa descente »*, annonce au talkie-walkie le directeur du Drassm. A ses côtés, Paul-Henry Nargeolet, un des responsables de l'opération *Titanic*. Joystick en main, l'archéologue Denis Degez dirige la manœuvre. Des caméras et appareils photo embarqués sur le ROV transmettent des images de la *Lune*. *« Avance d'un mètre. Nous sommes dans le carré 91 au-dessus des canons »*, commente Michel L'Hour, l'œil fixé sur l'écran informatique autant que sur un relevé 3D affiché sur le mur. Réalisé quelques semaines plus tôt à l'aide d'un sous-marin autonome AUV (Autonomous Under-water Vehicle), il est

PHOTOS : OSADA / SEGUIN-DRASSM

❶ Le ROV « Achille » est mis à l'eau par l'« André-Malraux ».
❷ Dans le PC scientifique du navire, Michel L'Hour, le directeur du Drassm, et Denis Degez, le pilote du ROV, explorent l'épave à distance.
❸ Le ROV Ulysse H 1000, mis en œuvre par la Marine nationale, a été mobilisé pour l'opération.
❹ La plupart des canons du vaisseau sont restés disposés en batterie, dans la position qui était la leur lors du naufrage.

l'œuvre de chercheurs de l'Ecole polytechnique de l'université de Gijón, en Espagne, et de l'Institut de physique du globe, à Paris. Sur l'écran, les images qui parviennent en direct coupent le souffle. Dans les eaux de la Grande Bleue, toute une architecture navale militaire du XVII[e] siècle s'offre à nous. Remarquablement bien conservée. Même l'œil le moins exercé détecte, pris sous les sédiments, des ancres, des mousquets, et surtout plusieurs des 48 canons en bronze (1,5 tonne par fût) ou en fonte de fer. De ce pont fantasmatique qui se dessine sur 42 m de long, apparaissent dans les projecteurs du robot, quelques rascasses et castagnoles égarées dans un paysage colonisé par des gorgones.

« *C'est l'une des épaves les mieux conservées que j'ai vues de ma vie* », confie Michel L'Hour. Célèbre pour ses travaux en mer de Chine, dans l'océan Indien, ou dans l'Atlantique, c'est à lui que l'on doit les fouilles de la *Boussole* et l'*Astrolabe* du comte de Lapérouse, à Vanikoro, dans le Pacifique. « *Ce site de la* Lune, *hors du commun, est une page d'histoire : des centaines d'hommes et leur armement étaient à bord, sans compter un régiment d'infanterie arrivé en renfort. Cette catastrophe a englouti toute une société militaire du XVII[e] siècle*», ajoute l'archéologue. La *Lune* a coulé comme un bloc de marbre, avait raconté un témoin de l'époque. « *Elle ne s'est pas brisée au contact des fonds marins* », précise Michel L'Hour. Posé à plat, le bâtiment a simplement connu un processus de dégradation classique, scellant sur place la totalité de ce qui se trouvait à bord. « *Le bateau s'est enfoncé sous son propre poids, et du fait de la profondeur, il n'a pas subi certains des phénomènes de destruction rapide dus à l'oxygénation violente et à la corrosion. A -90 m, il a surtout été protégé des pillages !* » L'épave reste fidèle au bateau tel qu'il était à la minute où il a sombré. Une « *Pompéi des mers* ».

Passionnée par les enjeux technologiques d'une recherche dont les implications pourraient aller au-delà de l'archéologie – on parle ainsi d'outils de surveillance sous-marine des plates-formes pétrolières –, l'équipe de la *Lune* a été rejointe par celle de Dassault-Systèmes à qui l'on doit les travaux d'imagerie sur la pyramide de Kheops (*lire* Sciences et Avenir *n° 743, janvier 2009*). Rapprochement qui permet d'imaginer une nouvelle manière de travailler : outre les relevés 3D réalisés sous l'eau grâce à des mesures laser, l'archéologue du futur travaillera depuis son écran d'ordinateur. Au moyen de gants spéciaux et de machines asservies, il manipulera virtuellement les objets engloutis, les robots sous-marins reproduisant ses gestes au fond des mers à l'aide de leurs bras articulés. L'avenir des fouilles en abysses est en train de se jouer et la France, dont le patrimoine sous-marin s'élève à plusieurs dizaines de milliers d'épaves, veut y tenir le premier rôle. **Bernadette Arnaud**

Pour en savoir plus

9 décembre, diffusion d'« **Objectif Lune, l'épave cachée du Roi-Soleil** », documentaire 3D sur Arte.

Une tragédie royale

En 1663, exaspéré par les attaques des Barbaresques en Méditerranée, le jeune roi Louis XIV envoie ses vaisseaux affronter ceux des Turcs. Les Français doivent prendre le port de Djidjelli, en Afrique du Nord, et y bâtir des fortifications. Mais la peste fait rage en Provence. La logistique ne suit plus. Un repli est alors décidé. En novembre 1664, les soldats rembarquent précipitamment. Un millier d'entre eux se retrouvent sur la *Lune*. Des centaines d'autres sont abandonnés sur place, essentiellement les blessés et les 400 hommes qui devaient les défendre. Lorsque la *Lune* entre dans la rade de Toulon, les

MUSÉE NATIONAL DE LA MARINE

La seule image connue de la « Lune » (de profil), dessinée en 1690.

autorités locales, paniquées par l'échec de l'opération, prétextent la crainte d'une résurgence de la peste pour lui interdire l'accès au port. Ils obligent alors le navire à se rendre aux îles d'Hyères en quarantaine. La *Lune* est en piteux état, faisant eau de toutes parts, et le capitaine a beau répéter qu'il n'y parviendra pas, rien n'y fait. La rade à peine franchie, le gros temps se lève et la *Lune* coule à pic. Seuls quelque 80 marins sur un millier d'hommes parviendront à réchapper du naufrage.

Des dents soignées au néolithique

Des chercheurs italiens ont décelé sur une dent issue d'une mâchoire vieille de 6500 ans une fissure colmatée à la cire d'abeille. Provenant de fouilles réalisées il y a un siècle, en Slovénie, elle appartenait à un homme d'une trentaine d'années. Il s'agit du plus ancien soin jamais observé avec cette substance connue pour ses propriétés antibactériennes.

Le chiffre

▶ 230 MILLIONS D'ANNÉES

A. SCHMIDT/UNIVERSITY OF GÖTTINGEN

C'est l'âge d'un moucheron et de deux acariens *(photo)* piégés dans des larmes de résine de conifères datant du trias. Ils remportent le titre de plus anciens arthropodes emprisonnés dans l'ambre. Les trois spécimens ont été découverts dans le massif des Dolomites, dans le nord de l'Italie.

Cœurs de plomb

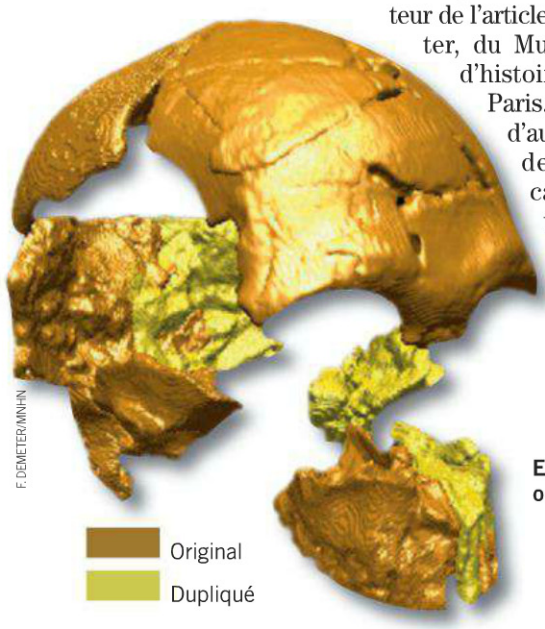
Les fouilles entreprises par l'Institut national de recherches archéologiques préventives (Inrap) sur l'emplacement de l'ancien couvent des Jacobins, à Rennes, ont permis la découverte de plusieurs centaines d'inhumations datant du XVe au XVIIIe siècle. Parmi elles, trois rares cœurs reliquaires de plomb. Mal connue en France, la pratique consistant à inhumer le cœur séparément du corps était parfois en usage pour des personnes de haut rang au Moyen Age.

www.sciencesetavenir.fr

RETOUR SUR...
Le premier homme moderne asiatique

Celui qui fut décrit l'été dernier *(lire* S. et A. *n° 788, octobre 2012)* comme le plus ancien homme moderne asiatique peut-il vraiment prétendre à ce titre ? La datation à l'uranium thorium de son crâne, découvert au Laos dans la grotte de Tam Pa Ling, affiche bien un âge maximal de 63 000 ans, *« mais elle pose problème »*, admet aujourd'hui le premier auteur de l'article, Fabrice Demeter, du Muséum national d'histoire naturelle de Paris. En effet, selon d'autres techniques de datation, le carbone 14 et la thermoluminescence, appliquée aux sédiments dans lesquels il a été trouvé, le crâne ne serait âgé que de 47 000 à 51 000 ans.

De plus, ses découvreurs le décrivent comme *« la première trace de squelette d'humain pleinement moderne »* en Asie orientale. Or, deux autres *Homo sapiens* fossiles ont été retrouvés en Chine : celui de Zhirendong *(lire* S. et A. *n° 772, avril 2011)* (daté de -100 000 ans), et celui de Liujiang (-153 000 ans), ainsi qu'un troisième aux Philippines (l'homme de Callao, daté de -67 000 ans). Toutes ces découvertes sont controversées, mais elles n'en bousculent pas moins le schéma simpliste d'un peuplement moderne de l'Asie en une fois après une sortie d'Afrique il y a moins de 100 000 ans. Il semble que les vagues d'immigration en provenance de l'Afrique aient démarré très tôt et aient été multiples. **R. M.**



F. DEMETER/MNHN

Le crâne de Tam Pa Ling en 3D. En brun, les parties originales, en jaune clair, les parties manquantes reconstituées par symétrie.

ARCHÉOLOGIE

Richard III reposerait sous un parking

« Avons-nous retrouvé *la dépouille de Richard III ?* s'interroge Richard Buckley codirecteur des Services archéologiques de l'université de Leicester, en Angleterre. *Il est trop tôt pour les certitudes, mais certains indices sont troublants. »* Depuis le 25 août, une équipe de scientifiques a entamé des recherches sous un parking de la ville, pour y retrouver la trace du dernier des Plantagenêts. Le tyrannique monarque Richard III, tué à l'âge de 32 ans au cours de la bataille de Bosworth (1485), qui devait mettre fin à la guerre des Deux-Roses.

Des restes humains ont été exhumés des ruines de l'église des Frères mineurs de Leicester, détruite au XVIe siècle. Parmi ceux-ci, figure un squelette présentant des anomalies semblables à celles dont aurait souffert ce souverain. Selon les spécialistes, *« le corps a été découvert dans le chœur de l'église, comme l'indiquaient des documents historiques »*.

Un examen approfondi des reliques a permis de repérer au niveau du crâne deux stigmates compatibles avec des blessures reçues sur le champ de bataille. En outre le corps présentait un fragment de métal coincé entre deux vertèbres supérieures, et une malformation sévère de la colonne vertébrale. Richard III était décrit comme un être difforme.

Des analyses ADN sont en cours. Permettront-elles d'identifier celui à qui Shakespeare faisait dire, après sa chute mortelle à Bosworth : *« Mon royaume pour un cheval »* ? Pour l'heure, Michael Ibsen, son 17e arrière-petit-neveu attend les résultats. Décédée il y a quatre ans, sa mère était une descendante en ligne directe d'Anne de York, sœur aînée de Richard III. **B. A.**

GAVIN FOGG/AFP

Des hommes en armure posent sur le site où a été mis au jour le squelette à Leicester (Royaume-Uni).

Nous créons de la chimie pour que le compost aime le plastique.

La plupart des plastiques ne sont pas biodégradables. Ce n'est pas le cas des plastiques ecovio® de BASF, qui disparaissent complètement lorsqu'ils sont compostés dans des conditions contrôlées. L'utilisation de sacs compostables pour ramasser les déchets organiques rend leur élimination plus propre et pratique. Plutôt que de terminer dans une déchetterie, ils se transforment en précieux compost. Quand le sac plastique que vous utilisez aujourd'hui est synonyme de futur plus propre pour l'environnement, c'est parce que, chez BASF, nous créons de la chimie.

www.wecreatechemistry.com

BASF
The Chemical Company

BIOTECHNOLOGIE

Des puces électroniques solubles dans l'eau

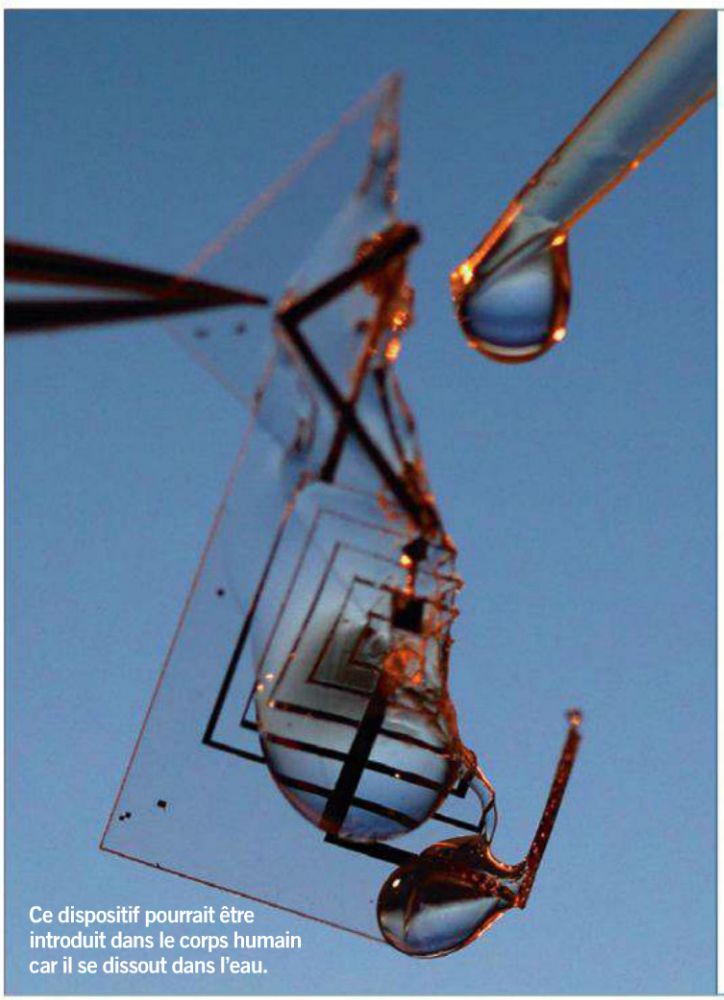
Des chercheurs ont conçu un circuit biodégradable et biocompatible, fait de magnésium et de silicium, qui pourrait avoir de multiples applications médicales.

Un circuit électronique qui se dissout dans l'eau jusqu'à disparaître… cette vision de cauchemar pour technophile pourrait au contraire être à l'origine d'une révolution en médecine. En effet, si l'on savait fabriquer des dispositifs médicaux qui se désintègrent à l'intérieur du corps au bout d'un certain temps sans laisser de résidu, il n'y aurait plus besoin d'opérer le patient pour les récupérer. Des chercheurs américains, coréens et chinois viennent ainsi de fabriquer un circuit biodégradable capable de s'échauffer lorsqu'on le soumet à des micro-ondes. Puis, ils l'ont implanté sous la peau d'une souris. Leur but : échauffer localement les tissus, après une intervention chirurgicale, afin de lutter contre les infections post-opératoires. Résultat : le rongeur n'a développé aucune réaction inflammatoire. Et après trois semaines, seuls quelques rares résidus du dispositif ont été décelés.

Pour parvenir à un tel circuit totalement biodégradable et biocompatible, *exit* les métaux comme le cuivre ou l'argent et les éléments toxiques, place au magnésium. C'est un élément conducteur très réactif, qui peut servir à faire une antenne et du fil de connexion. Quant au silicium, également utilisé, sa présence dans le corps humain est inoffensive. Les chercheurs ont ensuite travaillé sur l'épaisseur du circuit : elle ne dépasse pas les 100 nanomètres (nm), soit 10 000 fois moins qu'un circuit traditionnel. Une finesse qui permet d'accélérer la dissolution, qui est d'environ 4,5 nm par jour. Pour maîtriser la vitesse de disparition de ces dispositifs, on peut aussi jouer sur l'enrobage du circuit, en choisissant la soie. Selon sa structure cristalline, celle-ci disparaît en quelques minutes, quelques mois, voire quelques années, sans effets toxiques pour le corps.

Quelles pourraient être les applications médicales de cette électronique biodégradable ? Les scientifiques évoquent des outils pour injecter et diffuser des médicaments – comme les antibiotiques – de façon contrôlée, ou des capteurs de température, de pression, d'acidité pour surveiller l'état de santé d'un malade durant un certain temps. Plus étonnant, les chercheurs ont créé une caméra de 64 pixels implantable dans le corps humain qui pourrait préfigurer une imagerie médicale d'un nouveau genre.

Cécile Michaut



FIORENZO OMENETTO / TUFTS UNIVERSITY

Ce dispositif pourrait être introduit dans le corps humain car il se dissout dans l'eau.

REPÈRE

DES MOLÉCULES ORGANIQUES

Quoi de plus pratique que de transformer téléphones mobiles, ordinateurs ou téléviseurs usagés en compost ? La voie la plus explorée jusque-là vers une électronique biodégradable consiste à créer des circuits en molécules organiques : c'est l'électronique moléculaire. *« On peut intégrer des biomolécules pour distribuer des médicaments de manière contrôlée,* indique Georges Malliaras, de l'Ecole nationale supérieure des mines de Saint-Etienne. *Leur conductivité ionique, permet aussi d'en faire des interfaces avec les neurones. »*

Mais l'électronique moléculaire reste beaucoup moins performante que la classique. C'est pourquoi les circuits biodégradables au silicium pourraient lui faire de l'ombre.

NOUVEAU

L'APÉRITIF "ROYALE"

Leffe®

ROYALE

BIÈRE BLONDE BELGE SUPÉRIEURE

Abonnez-vous gratuitement au magazine Leffervescence sur www.leffe.com

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ. À CONSOMMER AVEC MODÉRATION.

Un blouson en cuir de laboratoire

Fabriquer du cuir en laboratoire, en épargnant la peau des veaux, vaches, agneaux… ? C'est en tout cas ce que promet d'ici à cinq ans Modern Meadow, une compagnie de biotechnologies américaine. Comment ? Première étape, en prélevant des cellules de peau par biopsie, sur un animal d'élevage. Ces cellules subissent des modifications génétiques pour optimiser la production de cuir. Elles sont ensuite mises en culture où elles se multiplient par milliards de milliards. Après centrifugation, les cellules forment des sortes d'agrégats qui sont déposés en couches afin de les faire fusionner. Ce tissu subit plusieurs semaines de maturation en culture avant que l'on cesse de le nourrir. Les cellules finissent par se transformer en peau, mais sans les poils.

www.sciencesetavenir.fr

La future recrue, qui peut courir à plus de 11 km/h, est capable de se redresser après avoir été renversée.

DARPA

CYBERNÉTIQUE

Un robot-chien enrôlé par l'armée américaine

Voici LS3, le nouveau robot-chien de l'armée américaine. Ce monstre d'électronique et de métal est capable d'évoluer sur tous les terrains : boueux, caillouteux, ensablé, recouvert de végétation, enneigé, voire givré. Rien ne semble pouvoir l'arrêter. Il court à plus de 11 km/h, gravit les pentes les plus raides comme un chamois, franchit des murets de pierre, toujours d'un pas alerte mais mécanique. Un grand coup de pied sur ses flancs et il fait deux pas de côté pour revenir d'aplomb sur ses quatre pattes.

L'animal est bien une machine de guerre. Il est développé par la société Boston Dynamics pour le compte de la Darpa, l'Agence américaine pour les projets de recherche avancée de défense. Le rôle de cette machine est de soulager les combattants sur le terrain en portant leur matériel. Dans cette dernière version, le robot est aussi capable de suivre de manière autonome une personne et de répondre à ses instructions vocales et gestuelles.

L'armée américaine prévoit de l'enrôler dès 2013 dans le corps des *Marines*, pour une série de tests réels. **O. H.**

www.bostondynamics.com/robot_ls3.html

SÉCURITÉ

GPS pour secouristes

« Je suis dans *l'appartement. Fuite de gaz suspecte à gauche. Trou dans le plancher à droite. Victime droit devant.* » D'ici à quelques années, les premiers secouristes en intervention pourront porter sur le torse un dispositif rempli de capteurs (télémètre laser, gyroscope, accéléromètre, etc.), permettant de cartographier en temps réel les lieux explorés et de transmettre sans fil ces informations sur un ordinateur. Mieux, sur la carte obtenue, ils laisseront leurs commentaires audio et des photos afin que les autres secouristes, suivant la progression de leur collègue sur l'écran, puissent déjà avoir une bonne idée de la situation. Ce projet est développé par les chercheurs du Massachusetts Institute of Technology, à Boston, qui viennent de tester un premier prototype. **O. H.**

GILLOOLY/MIT NEWS

Les capteurs du dispositif porté par les secouristes transmettront des informations en temps réel.

- ENVIRONNEMENT
- SOCIÉTÉ ET ÉCONOMIE
- VIE HUMAINE

AXA soutient la recherche sur les risques qui nous concernent tous.

© 2012 AGI - Crédit photo : Getty Images

Fonds AXA pour la Recherche
Chercher pour protéger

Prévenir les risques, c'est aussi mieux les connaître. Avec le Fonds AXA pour la Recherche, AXA soutient plus de 300 équipes de chercheurs. Ce qui représente 92 millions d'euros alloués en 5 ans, en France et dans 25 autres pays.

Etude des risques liés au climat, au vieillissement ou aux réseaux sociaux...
Découvrez les projets soutenus sur **axafrance.fr/fonds-recherche**

réinventons / notre métier

BIOLOGIE MARINE

Le corail de la Grande Barrière en danger de mort

Une étude révèle que le plus grand ensemble corallien du monde a perdu la moitié de ses récifs en moins de trente ans. En cause : réchauffement climatique et pollution.

On peut désormais visiter virtuellement la Grande Barrière depuis le site Internet de Google Maps.

CATLIN SEAVIEW SURVEY

La Grande Barrière de corail d'Australie a perdu la moitié de ses prairies coralliennes entre 1985 et 2012. En vingt-sept ans, ce sont des milliards de coraux et des milliers d'espèces d'une extrême richesse biologique qui ont disparu. Pour établir ce constat, les chercheurs de l'Australian Institute of Marine Science (AIMS), se sont plongés dans les 2258 observations effectuées sur 214 récifs – pour un total de 3000. Les principales causes de ces pertes : *« Les tempêtes tropicales comptent pour 48 %, suivies par la prédation par les acanthasters pourpres* [une étoile de mer] *pour 42 % et le blanchiment* [dépérissement aux causes inexpliquées] *pour 10 %, soit un taux de mortalité moyen de 3,38 % par an. »*

La Grande Barrière, inscrite au patrimoine mondial de l'humanité depuis 1981, a connu 34 tempêtes tropicales depuis 1985 et deux sévères attaques de la maladie blanchissant les coraux en 1998 et 2002. Le responsable ? Le réchauffement climatique qui accélère la fréquence des cyclones et génère une hausse des températures de l'eau, l'un des facteurs du blanchiment. *« Réduire les émissions de gaz à effet de serre figure, bien sûr, parmi les objectifs à long terme,* affirme John Gunn, directeur de l'AIMS. *A court terme, nos efforts doivent porter sur la lutte contre les étoiles de mer. »*

L'acanthaster pourpre peut en effet détruire 10 m² de récif par an en dissolvant les coraux avec ses sucs gastriques. Elle n'a que de rares prédateurs et connaît, de brusques explosions de populations, , détruisant 90 % de la vie d'un récif.

Encore inexpliqué, ce phénomène pourrait provenir des déversements en mer de nitrates d'origine agricole ou urbaine. Les rares moyens de lutte disponibles aujourd'hui (bisulfate de sodium ou introduction d'une maladie virale) sont peu efficaces et surtout pourraient avoir des effets délétères sur l'environnement, en affectant notamment d'autres espèces.

Ainsi, testée en 2011, l'injection de vibrion du choléra sur des acanthasters a donné quelques résultats, mais son utilisation à grande échelle n'est pas à l'ordre du jour. Or, si l'on trouvait un remède contre les étoiles de mer, les récifs pourraient de nouveau augmenter de 0,89 % par an. A l'inverse, si rien n'est fait, la surface de la Grande Barrière pourrait encore baisser de 5 à 10 % d'ici à dix ans. **Loïc Chauveau**

REPÈRE

L'AUSTRALIE SOMMÉE DE PRENDRE DES MESURES

En juin, l'Unesco a donné huit mois à l'Australie pour améliorer la protection de la Grande Barrière, menaçant de l'inscrire sur la liste des sites « en danger ». En cause, la construction d'installations industrielles sur la côte du Queensland, comme le port charbonnier et gazier de Gladstone, et des efforts insuffisants pour réduire les rejets agricoles et urbains. A la suite de la publication de l'AIMS, le gouvernement australien a admis qu'il y avait eu des *« négligences depuis des décennies »* dans la gestion de la barrière de corail.

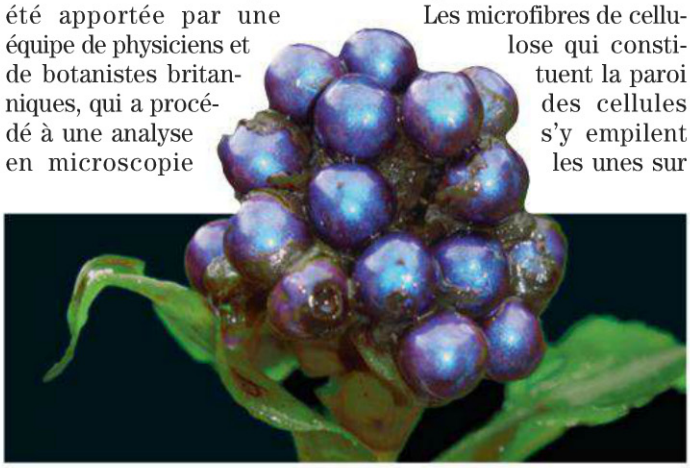
BOTANIQUE

Ce fruit n'est pas bleu

Les baies (non comestibles) de *Pollia condensata* paraissent d'un intense bleu métallisé. Pourtant, elles sont dépourvues de tout pigment bleu. Quel est donc leur secret ? La réponse a été apportée par une équipe de physiciens et de botanistes britanniques, qui a procédé à une analyse en microscopie électronique de leurs tissus. Les fruits de cette herbacée doivent leur couleur unique à la structure complexe de leur enveloppe, dont la partie externe réfléchit principalement le bleu.

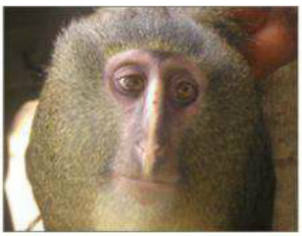
Les microfibres de cellulose qui constituent la paroi des cellules s'y empilent les unes sur les autres, formant des structures hélicoïdales périodiques. En passant à travers ce réseau de couches cellulaires, la lumière est filtrée, réfléchie et polarisée, produisant ainsi une couleur exceptionnelle, dont la réflectivité, unique dans le vivant, équivaut à 30 % de celle d'un miroir d'argent.

La distance entre les couches variant d'une cellule à l'autre, chacune réfléchit en outre une longueur d'onde différente et quelques cellules rouges ou vertes donnent au fruit une apparence pixellisée. Grâce à cette structure, les fruits conservent leur couleur même sur des pieds morts. A la clé : une chance accrue de voir leurs graines dispersées par des oiseaux. **L. B.**



PAULA RUDALL

Les baies de « Pollia condensata » sont dépourvues de tout pigment bleu.



MAURICE EMETSHU

Un singe inédit au profil grec

Repéré en 2007 dans le centre de la République démocratique du Congo, Lesula, de son nom local, vient d'être reconnu comme une espèce à part entière. Différent génétiquement de ses cousins cercopithèques, *Cercopithecus lomamiensis* présente un nez au profil grec et une crinière blonde. A peine découverte, l'espèce, consommée par les populations locales, est décrétée en danger.

www.sciencesetavenir.fr

CONCOURS DE NOUVELLES 2013

HORS-LA-LOI QUAND LA POMME NE TOMBE PLUS

« Sciences et Avenir » invite ses lecteurs à participer à un concours de nouvelles et à gagner une « Croisière du Savoir » en Méditerranée : « Mers et Océans, sources de vie », pour deux personnes.

Étonnez notre jury et faites partie des 10 auteurs publiés par les Presses de l'ENSTA

« Les neutrinos courent plus vite que la lumière », pouvait-on lire partout à l'automne 2011. Six mois plus tard, la loi d'Einstein et « c » avaient repris leurs droits...

Il vous est arrivé d'imaginer qu'une loi naturelle jugée sacro-sainte soit soudain violée sous vos yeux.

Une pierre se met à frémir.
Au lieu de tomber, un crayon lévite.
Dans le thé du matin, le morceau de sucre dissous redevient parallélépipède.
Et si c'était vrai ?

Dans un contexte scientifique ou quotidien, imaginez la survenue de l'impossible… Libre à vous d'opter pour le fantastique ou pour une explication rationnelle.

Envoyez vos nouvelles à « CONCOURS DE NOUVELLES »
ENSTA ParisTech – 828, boulevard des Maréchaux
91762 Palaiseau Cedex
Avant le samedi 26 janvier 2013 minuit.

Le texte doit être imprimé en 3 exemplaires et comporter un titre. Ni mention d'auteur ni signe distinctif. Longueur : 12 000 signes maximum. Joindre, dans une enveloppe fermée portant le titre de la nouvelle, une feuille indiquant : titre du texte, nom, adresse, tél. et e-mail de l'auteur.
Le règlement du concours, déposé chez Maître Dessard, huissier de justice, est consultable sur le site **http://concours-nouvelles.ensta-paristech.fr**

La remise des prix, précédée d'un débat réunissant les membres du jury, aura lieu le 28 mars à l'ENSTA ParisTech.

JURY
- Président : Cédric VILLANI, mathématicien
- Jean Claude AMEISEN, professeur d'immunologie
- Céline CURIOL, journaliste et romancière
- Sylvie FENCZAK, directrice littéraire
- Étienne KLEIN, physicien, directeur du LARSIM
- Roland LEHOUCQ, astrophysicien au CEA

SCIENCES ET AVENIR · ENSTA ParisTech · cea · EDF · SAE · géode · universcience · cité

*Croisière du Savoir du 21 au 28 avril 2013
www.sciencesetavenir.fr

Le génome de l'huître séquencé

Le séquençage du génome de l'huître creuse *Crassostrea gigas*, la plus élevée au monde et notamment en France, a été achevé par une équipe de l'Institut d'océanologie de l'Académie des sciences chinoise. Il comprend pas moins de 80 gènes qui protègent le mollusque des stress des marées comme des différences de salinité et de températures des milieux estuariens, chaque gène ayant un rôle précis dans l'adaptation du mollusque au milieu.

http://2doc.net/ds96r

Le chiffre

► 400

RÉCEPTEURS OLFACTIFS

C'est ce dont dispose la fourmi pour sentir son environnement, soit six fois plus que la mouche et six fois et demie plus que l'abeille ou le moustique. L'étude de Lawrence Zwiebel (université Vanderbilt, Etats-Unis) révèle en outre que cette palette olfactive, codée par autant de gènes, est l'apanage des femelles. Les mâles, dont le rôle se limite à la fertilisation des œufs, en ont trois fois moins.

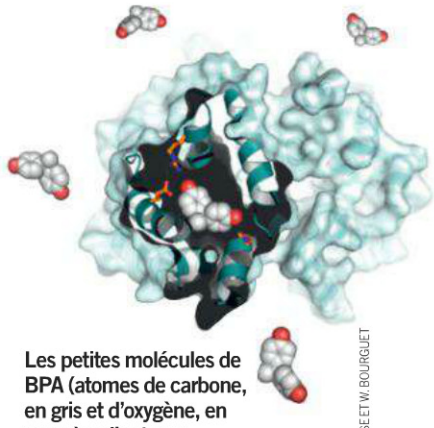
Echec pour les Zapa

Constat d'échec : aucune des sept agglomérations candidates à la création d'une Zapa, zone d'action prioritaire pour l'air *(lire* S. et A. *n° 785, juillet 2012)*, n'a réussi à finaliser ce projet destiné à restreindre l'usage de l'automobile dans les centres villes. Aussi, la ministre de l'Environnement Delphine Batho a décidé la création d'un Comité interministériel de l'air pour élaborer des mesures concrètes d'ici à 2013.

www.sciencesetavenir.fr

CHIMIE

Un banc d'essai pour les substituts du bisphénol A



Les petites molécules de BPA (atomes de carbone, en gris et d'oxygène, en rouge) se lient aux récepteurs d'œstrogènes (surface bleu clair).

INSERM/CNRS/V. DELFOSSE ET W. BOURGUET

Des chercheurs français viennent de mettre au point un modèle permettant de prédire la toxicité des futurs substituts au bisphénol A (BPA), ce perturbateur endocrinien déjà banni des biberons, et qui sera interdit dans les emballages alimentaires en France en 2015. Largement présent dans les plastiques, dont il est une brique de base, le BPA est en quête de remplaçants. Pour aider les industriels à ce que le remède ne soit pas pire que le mal, des chercheurs de l'Inserm et du CNRS de Montpellier ont révélé la manière dont le BPA se lie aux récepteurs des œstrogènes naturels, amorçant ainsi son effet toxique. Ce faisant, ils ont pu développer un outil bio-informatique pour prévoir la toxicité des molécules de substitution en imaginant comment celles-ci se lieront à ces mêmes récepteurs. « *En modélisant la manière dont d'autres molécules s'insèrent dans les récepteurs, nous pouvons prédire comment elles interagiront, et donc prévoir leur activité hormonale* », expliquent William Bourguet et Patrick Balaguer, coordinateurs de l'étude.

Leur ambition ne s'arrête pas là. « *Nous allons modéliser les structures tridimensionnelles d'autres récepteurs, comme ceux auxquels se lient les phtalates utilisés comme plastifiants, ou le parabène présent dans des cosmétiques*, poursuivent-ils. *A terme, nous espérons prédire l'activité hormonale de n'importe quel polluant environnemental.* » Du travail en perspective : 150 000 composés chimiques environnementaux peuvent perturber le fonctionnement de nos 48 récepteurs d'hormones. **C. M.**

NUCLÉAIRE

23 centrales exposées aux tsunamis

SOURCE : JOSÉ ANTONIO PEÑAS/SINC - INFOGRAPHIE : BETTY LAFON

Implantation des centrales nucléaires susceptibles de subir les effets des tsunamis dans l'Est et le Sud-Est asiatique.

74 réacteurs nucléaires dans 23 centrales sont situés sur des littoraux sous la menace de tsunamis. C'est l'inquiétant inventaire d'une équipe de l'université de Huelva (Espagne) réalisé à partir de données historiques, archéologiques et géologiques ainsi que d'enregistrements sismiques. Toutes se trouvent en Asie : au Japon, sept centrales abritant 19 réacteurs pourraient subir le sort de Fukushima Daiichi ; en Chine, le risque s'accroît puisque sur les 27 centrales en cours de construction, 19 sont situées sur des zones identifiées comme dangereuses. Les scientifiques se disent d'autant plus inquiets que les conséquences d'une explosion seraient beaucoup plus importantes dans des pays qui n'ont pas le niveau de développement technologique du Japon pour maintenir la sécurité ou faire face aux conséquences d'un accident. **L. C.**

Savez-vous que depuis la Terre,
on voit toujours le même côté de la Lune ?

La science est partout.

Mais une seule chaîne ne parle que de science.

Disponible en exclusivité sur CANALSAT

www.discoverychannel.fr

SC
discovery science

REVUE DE PRESSE NATURE

par Loïc Chauveau

BRIAN J. SKERRY / NATIONAL GEOGRAPHIC STOCK

La biomasse de « Thunnus thynnus » aurait retrouvé son niveau des années 1950.

ESPAGNE

Le thon rouge serait de retour

Le quotidien *El País* s'est procuré la dernière évaluation des scientifiques de la Commission internationale pour la conservation des thonidés de l'Atlantique (Cicta) avant publication. D'après ce rapport, la biomasse totale de thons rouges en Atlantique serait redevenue comparable à celle qui prévalait dans les années 1950, alors qu'elle était moitié moindre au milieu des années 2000. Réunis à Madrid début septembre, les scientifiques se seraient déclarés surpris par la rapidité avec laquelle l'espèce se reconstitue.

Surpêché depuis plus de trois décennies, *Thunnus thynnus* n'a été protégé que depuis 2006. D'abord par une restriction de la pêche aux mois de mai et de juin. Ensuite avec des quotas de capture, qui ont été abaissés annuellement, de 32 000 t en 2007 à 12 900 t cette année. Enfin, en traquant la pêche illégale. Mais une évaluation fiable des stocks de thon ne sera pas disponible avant 2015. D'ici là, scientifiques et ONG préconisent de ne pas relâcher les efforts.

El País, http://2doc.net/6dgpi

Le chiffre

► 50 %

C'est la part minimale, pouvant atteindre 90%, représentée par les mafias et les exploitants illégaux dans le commerce mondial des bois tropicaux, selon l'ONU et Interpol.

Ce trafic rend inefficaces les efforts pour préserver la biodiversité des grandes forêts tropicales et réduire les gaz à effet de serre. 17 % des émissions globales de CO_2 proviennent en effet de la déforestation. Cette activité rapporterait de 30 à 100 milliards de dollars par an.

All Africa, http://2doc.net/95tyv

ROYAUME-UNI

500 000 mares vont être recréées

Les Britanniques veulent revoir grenouilles, tritons et libellules se multiplier dans leurs campagnes : l'Association de protection des mares vient en effet de lancer un programme de restauration des 500 000 mares existantes et ambitionne d'en créer 500 000 supplémentaires qui seraient remplies par la pluie. Actuellement, ces hauts lieux de biodiversité sont gravement pollués par les rejets humains et les déversements industriels. Le territoire des amphibiens et des insectes d'eau ne cesse de diminuer.

BBC, http://2doc.net/q1z5i

CHINE

Une journée contre le carbone

Le gouvernement chinois a introduit au calendrier une journée de mobilisation contre les émissions de gaz à effet de serre. Elle aura lieu dans tout le pays en juin prochain. L'objectif est de sensibiliser les habitants aux risques du changement climatique et de rappeler les objectifs du pays en matière de réduction des gaz à effet de serre. Le gouvernement s'est engagé à réduire la consommation énergétique de 16 % par unité de PIB d'ici à 2015.

FrenchNews.cn, 2doc.net/howba

BOLIVIE

Le dauphin rose déclaré trésor national

Le président Evo Morales a décidé de mesures de protection extrêmes pour les dernières dizaines de dauphins roses de Bolivie, *Inia boliviensis* ou *boto* selon son nom local. Vivant dans les rivières amazoniennes, ce cétacé très rare est menacé par le mercure issu des mines d'or qui pollue les eaux. Il est aussi sous la menace des attaques de pêcheurs pour lesquels l'animal mange trop de poissons. Désormais le *boto* sera protégé comme un « trésor national ».

Latinos Post, http://2doc.net/abdh5

CANADA

La forêt arctique pourrait ressusciter

Aujourd'hui couvert d'une végétation rase, le nord du Nunavut pourrait être gagné par la forêt, affirment des géographes de l'université de Montréal. Les chercheurs ont analysé des échantillons de bois et de pollens vieux de 2,6 à 3 millions d'années recueillis sur l'île Bylot, au nord de la terre de Baffin. Autant de traces de pins, de saules ou d'épinettes qui poussent aujourd'hui dans des régions où la température moyenne avoisine les 0 °C, contre -15 °C sur l'île Bylot. C'est le réchauffement climatique qui pourrait favoriser le retour des arbres : *« Nos petits-enfants pourront planter un arbre et le voir pousser »*, assure l'un des chercheurs, Alexandre Guertin-Pasquier.

i09.com, http://2doc.net/jfv9v

ALEXANDRE GUERTIN-PASQUIER

Echantillons de tourbe et de bois provenant de l'île de Bylot dans le Nunavut.

Et si plus d'1 million de personnes soutenaient vos projets ?

Quand les enseignants se mobilisent pour réaliser leurs projets, ils créent leur propre banque. *En permettant à l'épargne de tous ses Sociétaires de financer les projets de chacun, la CASDEN démontre depuis 60 ans la performance d'un système bancaire coopératif.*

Rejoignez-nous sur **casden.fr** *ou contactez-nous au* **0826 824 400**
(0,15 € TTC/min en France métropolitaine)

+X BANQUE POPULAIRE

L'offre CASDEN est disponible en Délégations Départementales et également dans le Réseau Banque Populaire.

casden
BANQUE POPULAIRE

CASDEN, la banque coopérative de l'éducation, de la recherche et de la culture

CASDEN Banque Populaire - Société Anonyme Coopérative de Banque Populaire à capital variable - Siège social : 91 Cours des Roches - 77186 NOISIEL. Siret n° 784 275 778 00842 . RCS Meaux. Immatriculation ORIAS n° 07 027 138. BPCE - 50 rue Pierre Mendès France - 75013 Paris - RCS 493 455 042.

Avis de tempête - Illustration : Killoffer

ALIMENTATION

OGM, les points clés de l'étude controversée

Après la publication de l'étude du Pr Séralini sur les effets toxiques des OGM, analyse des éléments fondamentaux pour comprendre les questions en jeu.

J+B SÉQUENCES

Les rats nourris durant deux ans avec du maïs OGM ont développé de spectaculaires tumeurs.

DÉBAT

LA RÉPONSE DE GILLES-ÉRIC SÉRALINI

Le chercheur critique les processus d'évaluation des OGM, confiés aux seuls industriels, avec des études courtes (trois mois) et confidentielles. Il dit avoir pris *« la même lignée de rats que celle utilisée par Monsanto »* et n'empêcher *« personne de refaire l'expérience avec 50 rats par groupe »*. Il appelle de ses vœux une agence d'évaluation indépendante, financée par l'industrie agroalimentaire.

Des tumeurs grosses comme des balles de ping-pong, des atteintes hépatiques et rénales graves, des longévités amputées… Photos chocs à l'appui, les révélations de l'étude de toxicologie sur des rats nourris avec un maïs OGM, publiées dans le *Nouvel Observateur* du 19 septembre, ont fait l'effet d'une bombe, et la une des journaux. Publié dans la revue *Food and Chemical Toxicology*, le travail dirigé par Gilles-Eric Séralini (université de Caen) est le premier à montrer les effets toxiques d'une nourriture à base d'un aliment génétiquement modifié, en l'occurrence le maïs NK603 de la firme américaine Monsanto, en association ou non avec du Roundup, l'herbicide auquel il est tolérant. La conclusion des auteurs de l'étude est nette et effrayante : oui, les OGM sont dangereux, et leur consommation peut avoir des conséquences graves pour la santé. Mais est-ce aussi simple et limpide ? Très vite, des critiques ont surgi dans les rangs des scientifiques pour mettre en doute l'étude et ses conclusions. L'autorité européenne de sécurité des aliments (Efsa) a conclu le 4 octobre en première analyse que l'étude *« présente des lacunes qui ne permettent pas de considérer les conclusions des auteurs comme étant scientifiquement valables »*. A l'heure où nous écrivons ces lignes, nous n'avons pas connaissance des conclusions de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses), attendues le 20 octobre, mais il est peu probable qu'elles soient clémentes envers les auteurs. Plusieurs points litigieux sont à avoir en tête pour comprendre les débats à venir.

- **La souche de rats utilisée pour l'expérience,** dite Sprague-Dawley, est fragile. Ces rongeurs ont une propension à développer spontanément des tumeurs au cours de leur vie, estimée à deux ans. Une étude de 1973 évalue ainsi l'incidence des tumeurs spontanées à 45 %. De plus, les mâles sont facilement sujets à des atteintes rénales dans des conditions normales.
- **La composition de l'alimentation des animaux** n'est pas détaillée dans l'étude. Or, la nourriture a pu être contaminée par des mycotoxines à l'effet cancérogène et hépatotoxique. De plus les rats Sprague-Dawley développent d'autant plus de tumeurs spontanées que leur nourriture est énergétique et riche en protéines, ce qui est le cas du maïs.
- **Le faible nombre de rats,** dix par groupe, témoins compris, affaiblit la portée statistique de ce travail étant donné qu'il y a très peu de différence, au niveau du nombre et de l'ampleur des pathologies observées entre les rats témoins et ceux nourris aux OGM. Et une étude menée en 2007 au Japon sur du soja tolérant au Roundup avec des effectifs plus importants (50 rats par groupe) n'a rien mis en évidence.

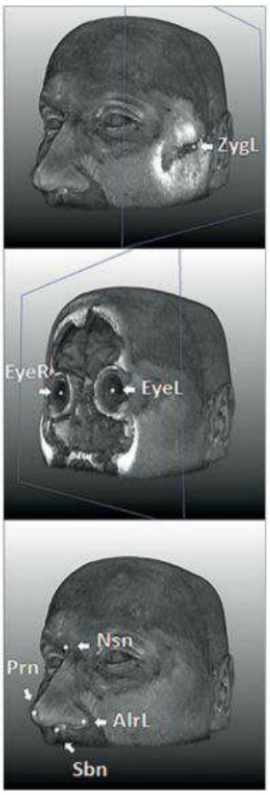
Hervé Ratel

GÉNÉTIQUE

La forme du visage décrite en 5 gènes

Parmi les quelque 20 000 gènes identifiés dans notre ADN, cinq permettraient de caractériser l'apparence d'un visage. C'est tout du moins ce qu'affirme l'équipe du généticien Manfred Kayser, du centre médical Erasmus de Rotterdam (Pays-Bas), dans un article publié par la revue en ligne *PLoS Genetics*. Les chercheurs ont isolé neuf éléments clés d'un visage avant d'en prendre les mesures : l'écart entre les yeux, la distance entre le bout et le haut du nez, la taille des narines... *(image ci-contre)*. Des critères que les scientifiques nomment « traits phénotypiques ». Les mesures ont été faites avec des techniques d'imagerie médicale tridimensionnelles sur les visages de 5388 personnes de type européen. Elles ont permis d'aboutir à 48 formes différentes de traits phénotypiques.

Parallèlement à ces mesures, les scientifiques ont prélevé l'ADN des personnes étudiées. Ils ont ensuite mené une analyse statistique, dite étude d'association génomique, permettant de corréler gènes et traits du visage. « *Trois des cinq gènes avaient déjà été identifiés avant que nous n'utilisions notre méthode*, précise Manfred Kayser. *Aussi, notre travail fut une confirmation de résultats précédents agrémentée de l'identification de deux nouveaux gènes.* »



PLOSGENETICS

Des « traits phénotypiques », mesurés en imagerie tridimensionnelle, permettent de corréler la forme du visage avec les gènes qui la gouverne.

Mais il met aussi en garde les tenants des portraits robots génétiques : « *D'autres gènes contribuent sans doute à l'élaboration de la forme d'un visage mais ils restent à découvrir.* » Sans compter qu'une bonne partie d'un visage est façonnée par des facteurs environnementaux (blessures, cicatrices, bronzage…) dont les gènes ne disent absolument rien. *(Lire S. et A. n° 783, mai 2012.)* **A. D.**

Retour sur…

► LES BZD ET LA DÉMENCE

Sciences et Avenir, le premier, a tiré le signal d'alarme *(lire n° 776, octobre 2011)*, les données s'accumulent : l'abus de benzodiazépines (BZD) favoriserait la démence chez les plus de 65 ans. Or, pas moins de 30 % des seniors en consommeraient pour soigner anxiété ou troubles du sommeil. Souvent, ils sont prescrits durant plusieurs années, alors que la durée recommandée est de deux à quatre semaines. Le danger de cette prise à long terme est confirmé par une étude de l'Inserm détaillant le suivi durant quinze ans de patients âgés de 78 ans en moyenne. Sans qu'un lien de cause à effet ne soit démontré, ceux qui consomment des BZD ont un risque accru de 50 % de développer une démence.

CANCÉROLOGIE

Vers un traitement du cancer du poumon ?

On le pensait presque hors d'atteinte thérapeutique, mais, bonne nouvelle, le carcinome épidermoïde, un cancer du poumon – seconde tumeur pulmonaire la plus fréquente en France après l'adénocarcinome bronchique – pourrait être prochainement traitable par la médecine. L'espoir a été apporté par une étude internationale publiée dans la revue *Nature*, dans le cadre du projet Cancer Genome Atlas, et qui n'est rien de moins que la plus importante et la plus détaillée des analyses génomiques jamais réalisées pour ce type de cancer. 300 auteurs se sont réunis pour identifier, dans 178 échantillons tumoraux, des mutations impliquées dans l'apparition de la maladie et totalement insoupçonnées jusque-là. Les anomalies concernent des gènes agissant sur des enzymes impliquées dans des étapes clés de la croissance des cellules tumorales.

Bonne nouvelle : il existe déjà des traitements permettant de contrer les effets délétères de deux tiers de ces anomalies. Ce résultat s'inscrit dans un courant novateur en cancérologie, qui consiste non plus tellement à envisager les tumeurs en fonction de l'organe dont elles sont issues, mais plutôt selon les anomalies génétiques qu'elles présentent. Une approche nouvelle qui devrait à terme infléchir les courbes de mortalité de cette affection responsable, pour ce type de tumeur, d'environ 10 000 nouveaux cas en France chaque année. **S.R.-M.**

Le diabète détectable dans l'intestin

Les bactéries qui peuplent notre intestin (le microbiote) sont très sensibles au diabète de type 2, révèle une équipe chinoise dans la revue *Nature*. Et *vice versa*. La découverte de cette relation très étroite entre certaines bactéries et la maladie pourrait permettre de développer un test diagnostique fiable à au moins 80 %.

Il a dit

« Au cinéma, les malades de cancer survivent très rarement à la maladie, ce qui n'est, heureusement, plus le cas. »

Luciano De Fiore, professeur au département de philosophe et d'épistémologie de l'université de la Sapienza de Rome, qui a analysé avec son équipe 82 films où le cancer est abordé.

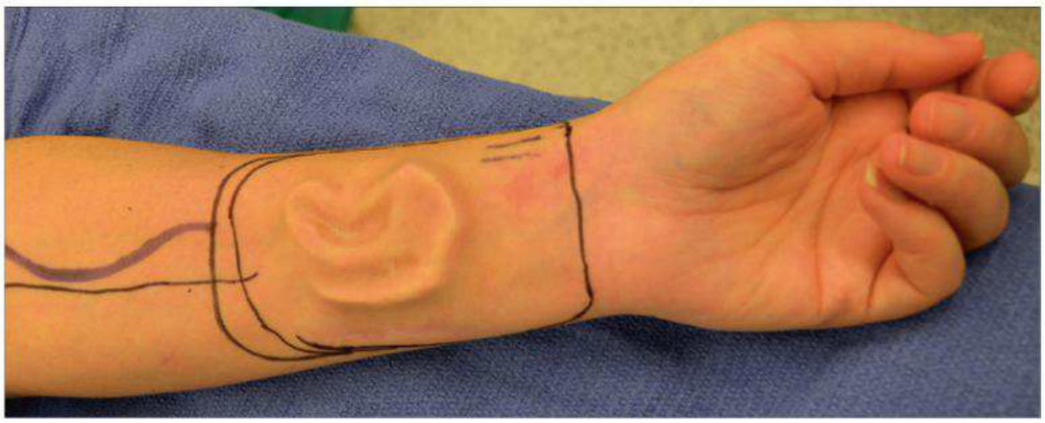
Les oméga-3 sans effet sur le cœur

Une synthèse des études sur les effets des oméga-3 sur le cœur, parue dans la revue *Jama*, fait vaciller la bonne réputation de ces acides gras. Selon l'équipe de l'hôpital universitaire de Ioannina (Grèce), qui a compilé 20 études sur la question, une supplémentation nutritionnelle en oméga-3, n'a aucun effet sur les décès d'origine cardiaque, les accidents vasculaires cérébraux ou les infarctus du myocarde. Si ces résultats contredisent ceux de 2002 à l'origine de l'engouement pour ces molécules, ils sont cohérents avec les résultats cliniques les plus récents qui ne leur trouvent aucun bénéfice.

www.sciencesetavenir.fr

CHIRURGIE

Une nouvelle oreille qui pousse sur le bras



JOHNS HOPKINS HOSPITAL

L'oreille, en cartilage issu des côtes de la patiente, a été greffée sur le bras pour qu'elle se couvre d'épiderme.

L'image ci-dessus n'est pas tirée d'un film de science-fiction : elle a bien été prise dans un bloc opératoire. L'histoire est celle d'une femme de 42 ans ayant perdu son oreille à la suite d'un cancer de la peau aussi rapide qu'agressif. Une équipe chirurgicale audacieuse du Johns Hopkins Hospital à Baltimore, aux Etats-Unis, s'est alors lancée dans une aventure hors du commun : la reconstruire, la perte osseuse crânienne étant trop importante pour poser une prothèse. Aussi, le docteur Patrick Byrne et son équipe ont-ils décidé de lui fabriquer une « néo-oreille ». Ils ont commencé par dessiner une oreille saine, puis ils ont réalisé un modèle avec du cartilage issu des côtes de la malade pour minimiser le risque de rejet au moment de la greffe. Afin de la recouvrir entièrement d'épiderme, cette structure a été implantée sous la peau de l'avant-bras de la receveuse. Durant quatre mois, la patiente a ainsi vu pousser une oreille sur son avant-bras, directement nourrie par les vaisseaux sanguins de sa peau. La greffe a été réalisée après que la néo-oreille a atteint la taille souhaitée par l'équipe chirurgicale.

L'opération n'avait pas qu'un but esthétique : une prothèse auditive a également été ancrée sur l'os afin de permettre à la jeune femme de retrouver une certaine audition. Prouesse chirurgicale ? Fantasme de chirurgien ? Toujours est-il que la patiente affirme ne pas regretter la demi-douzaine d'interventions qu'elle a dû subir.

S. R.-M.

http://2doc.net/494sy

RETOUR SUR...

Alzheimer : une maladie infectieuse ?

Dans le grand dossier du mois dernier consacré à Alzheimer *(voir n° 788)*, *Sciences et Avenir* annonçait l'arrivée imminente des résultats des essais d'un médicament porteur d'espoir. Ceux-ci ont été rendus publics au congrès de l'American Neurological Association à Boston, le 8 octobre : le solanezumab, des laboratoires Eli Lilly, s'est révélé efficace pour freiner la progression de la maladie. Deuxième motif de satisfaction, les effets indésirables n'ont concerné que 1 % des patients.

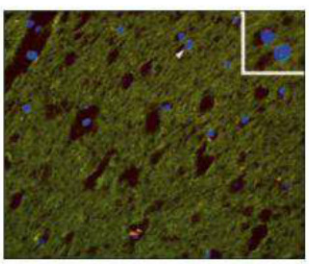
Une restriction cependant. Après 18 mois de tests sur 2050 malades, le médicament a ralenti le déclin cognitif de façon significative uniquement dans la catégorie des malades les plus légers. Aucun effet n'a été démontré sur les malades à un stade plus avancé. Ces résultats sont doublement importants. Ils montrent que la molécule, de la famille des anticorps monoclonaux, est bien active. Chargée de stimuler les défenses immunitaires du cerveau, elle aide à nettoyer les agents pathogènes, les peptides A-bêta, avant qu'ils ne s'agrègent en plaques amyloïdes. Mais ils confirment aussi que plus le traitement est administré tôt, mieux il fonctionne. Faut-il s'attendre à voir pour autant débarquer le solanezumab dans les officines ? « *Les prochaines étapes ne sont pas encore décidées et seront déterminées après les discussions avec les autorités de régulation* », répond sobrement Stéfanie Prozoud, porte-parole d'Eli Lilly. En clair, il faudra confirmer ces premiers résultats par une étude de plus grande ampleur. **E. S.**

CYTOLOGIE

Des cellules masculines retrouvées dans des cerveaux féminins

Après l'accouchement, une mère garde son enfant en tête. Littéralement ! L'équipe de Lee Nelson, du centre Fred Hutchinson à Seattle (Etats-Unis), a autopsié le cerveau de 59 femmes décédées entre 32 et 101 ans. Les chercheurs ont retrouvé des cellules masculines dans 63 % de ces cerveaux. D'où proviennent-elles ? Bien qu'ils ignorent si ces femmes ont été enceintes, les scientifiques misent sur une origine fœtale : durant la grossesse, la mère et le fœtus auraient échangé des cellules. L'idée de tels échanges dans certains organes est acquise depuis une quinzaine d'années. Mais ce sont les premières des cellules étrangères découvertes dans le cerveau. Les chercheurs n'hésitent donc plus à parler de « microchimérisme ».

L'étude s'est focalisée sur la recherche du chromosome Y, caractéristique du mâle. Mais tout porte à croire que certaines femmes ont aussi conservé des cellules des filles qu'elles ont mises au monde. « *Nous sommes tous des chimères !* s'exclame Nathalie Lambert, qui dirige l'équipe microchimérisme de l'Inserm à Marseille. *En général, le microchimérisme est de une cellule par million. Mais chez certaines femmes, il peut monter jusqu'à 1 % !* » Pour la mère, ce ne serait pas sans conséquences : plus la proportion de cellules étrangères est élevée, plus elle risque de souffrir de maladies auto-immunes, notamment la polyarthrite rhumatoïde. Explication : plus le corps hébergerait de cellules étrangères, plus son système immunitaire aurait tendance à se retourner contre lui. Ainsi, le microchimérisme expliquerait pourquoi les maladies auto-immunes frappent quatre fois plus de femmes que d'hommes. *A contrario*, le microchimérisme pourrait protéger la mère d'Alzheimer. Hypothèse issue des statistiques, qui n'a pas encore d'explication. **H. R.**



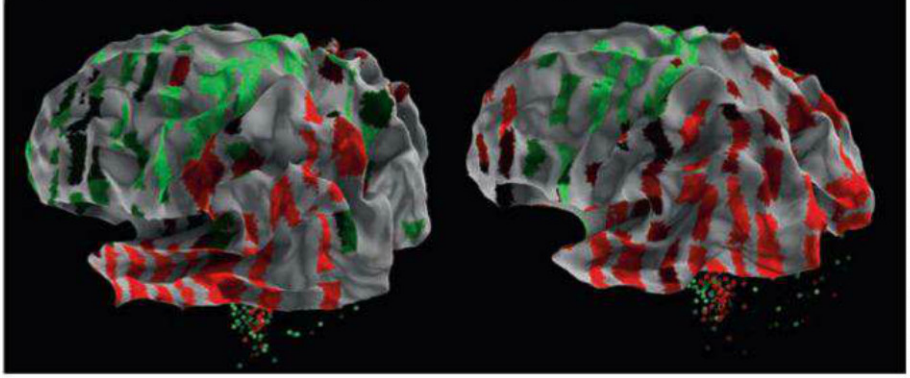
Cellules mâles détectées dans un cerveau féminin par fluorescence.

PLOS ONE. 2012 CHAN ET AL.

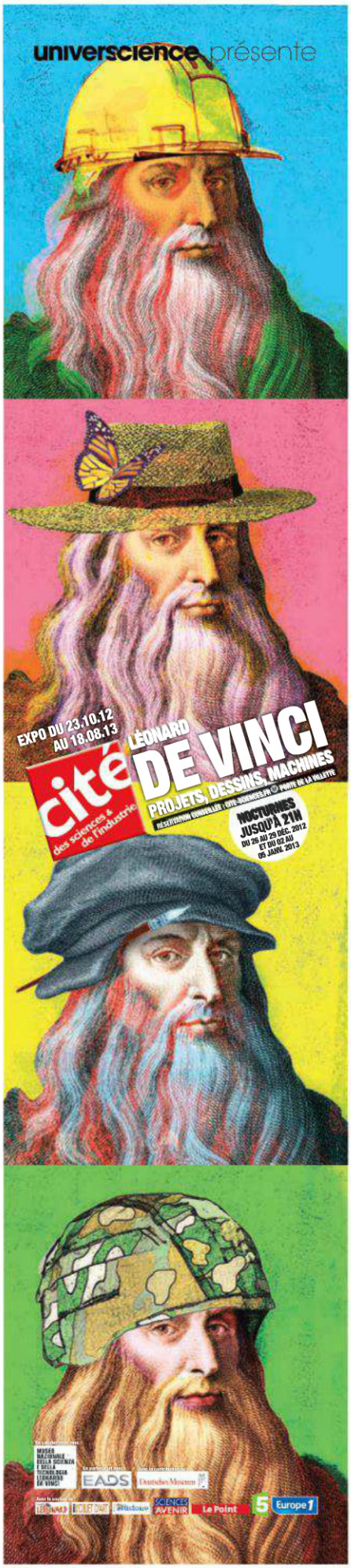
EN IMAGE

Une cartographie du cortex humain

Un gène s'exprime-t-il de la même façon dans deux cerveaux humains ? Oui, plutôt, révèle un atlas d'expression génétique créé par une équipe de l'institut Allen pour la science du cerveau à Seattle, aux Etats-Unis. Les chercheurs ont découpé en petits bouts les cerveaux de deux hommes décédés, de la même ethnie et d'âge similaire (24 et 39 ans). Parmi les 20 000 gènes humains, ils ont identifié ceux ayant été en activité dans certaines zones. Résultat : comme le montrent les images ci-dessous, pour un gène donné, les schémas d'expression sont comparables entre les deux cortex, avec une répartition semblable des zones de forte activité (en rouge) et faible activité (en vert). Reste à affiner ce résultat avec des individus de sexe, d'âge et d'ethnies différents. **H. R.**



ALLEN INSTITUTE FOR BRAIN SCIENCE



Le chiffre

► 23 %

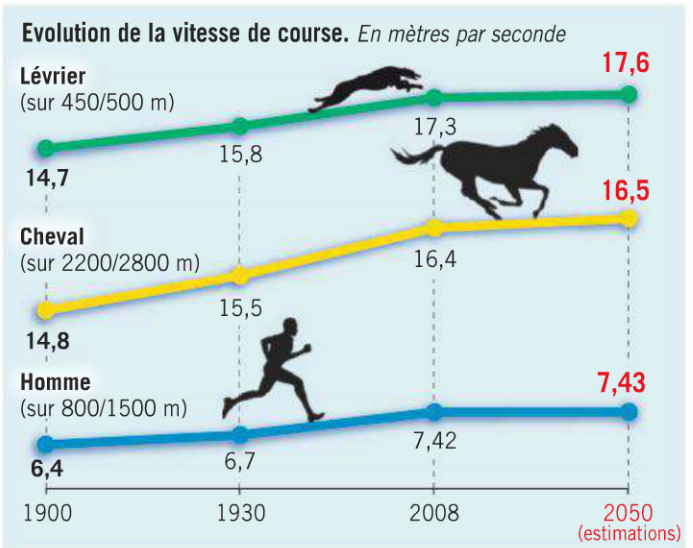
DE RISQUE

supplémentaire de faire un accident cardio-vasculaire (infarctus du myocarde) pour les personnes exposées au stress au travail par rapport à celles qui ne le sont pas. Tel est le résultat révélé par une méta-analyse, publiée par l'Inserm et d'autres instituts de recherche dans *The Lancet*. L'étude a porté sur 197 473 participants suivis durant sept ans et demi en moyenne. 15 % d'entre eux ont affirmé ressentir du stress au travail. Ce stress est d'abord caractérisé par un emploi exigeant mais laissant peu d'initiative personnelle. Pour les auteurs, sa prévention aurait des effets dépassant le seul cadre des accidents cardio-vasculaires.

www.sciencesetavenir.fr

BIOMÉTRIE

La fin programmée des records de vitesse



SOURCE : F. DESGORCES, IRMES - INFOGRAPHIE : BETTY LAFON

Depuis le début du XXe siècle, l'homme n'a cessé de courir de plus en plus vite. Sur 200 comme sur 800 ou 1500 mètres, sa vitesse a progressé de 14 %. Voilà l'enseignement de l'étude réalisée par François Desgorces et son équipe de l'Irmes (Institut de recherche biomédicale et d'épidémiologie du sport), à Paris, en collaboration avec le Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive de Montpellier.

De manière étonnante, le lévrier et le cheval ont vu leur vitesse moyenne augmenter dans une fourchette similaire durant la même période : 11,9 % pour le premier et 12 % pour le deuxième. Pour ces deux animaux, l'étude explique que ce sont des siècles d'élevage sélectif qui auront produit des animaux de mieux en mieux profilés pour la compétition et la vitesse. En ce qui concerne l'homme, outre les améliorations des conditions de vie, l'accroissement des performances s'expliquerait par l'amélioration des systèmes de détection sociale des individus possédant les prédispositions pour courir plus vite. Mais cela ne va pas durer, pronostique l'étude. Nous arrivons aujourd'hui à un palier. D'ici à 2050, plus aucun chrono ne devrait exploser, et les limites physiologiques de ces trois espèces auront été atteintes. **H. R.**

PARASITOLOGIE

Nouveau médicament contre la toxoplasmose en vue

Hantise des femmes enceintes, le parasite responsable de la toxoplasmose, probablement le plus répandu sur Terre, pourrait être médicalement combattu. Des chercheurs de l'université de l'Oregon, aux Etats-Unis, ont en effet mis au point une nouvelle substance qui élimine *Toxoplasma gondii* chez des souris infectées. Et ce, même au sein du cerveau, où, dans une forme dormante de la maladie, ce parasite se réfugie. Le produit, baptisé ELQ271, agit en bloquant spécifiquement la respiration cellulaire de *T. gondii*, une tactique inédite. Les chercheurs annoncent dans la revue *Pnas* (*Comptes rendus de l'Académie des sciences américaine*) qu'il est peu toxique chez l'animal et actif par voie orale – deux critères importants pour un futur médicament.

Cellule infectée par « Toxoplasma gondii ».

CNRI/SPL/PHANIE

L'infection par le toxoplasme se produit le plus souvent après consommation de viande peu cuite d'animaux infectés. Elle passe généralement inaperçue sauf lorsque la personne infectée est immunodéprimée ou chez la femme enceinte. Elle peut provoquer des lésions aux yeux ou dans le cerveau du malade ou du fœtus, et entraîner une fausse couche si la mère n'est pas immunisée. **P. K.**

REVUE DE PRESSE SANTÉ

par le Dr Pierre Miquel

REA

Plus de 70 publications ont été analysées pour comprendre les sources de contamination.

INFECTIOLOGIE

Transports en commun et infections

Les situations de confinement ou de promiscuité dans les transports en commun sont propices à la transmission de certains germes. On dispose de certaines données pour le transport aérien. Qu'en est-il pour le bus, le tramway, le métro, ou le train ? Plus de 70 publications scientifiques ont été analysées. Seuls 14 cas d'infections bactérienne ou virale potentiellement graves consécutives à une contamination par inhalation survenue dans les transports en commun ont été rapportés entre 1961 et 2008. Soit 11 cas de tuberculose, deux cas d'infection à méningocoques et un de rougeole. Huit cas suspects ont également été identifiés dans des revues non scientifiques, incluant la tuberculose, la méningite, la rubéole et le syndrome respiratoire aigu sévère (Sras).

Ces chiffres, très faibles, reflètent probablement la difficulté de retrouver la source de la contamination des affections transmissibles par voie aérienne dans les transports en commun ferroviaires et routiers.

Eurosurveillance, 30 août 2012.

Le chiffre

► 60 %

d'augmentation du risque de ménopause précoce, avant l'âge de 45 ans, chez les fumeuses comparativement aux abstinentes. Plus de 3500 fumeuses ont été suivies pendant vingt et un ans. Le risque est proportionnel au nombre de cigarettes fumées. Parmi les ex-fumeuses, ce risque reste élevé en cas d'arrêt tardif du tabac (après quatorze ans de consommation) alors qu'il disparaît pratiquement si l'abandon du tabac survient avant.

Maturitas, août 2012.

GÉRIATRIE

Les troubles du sommeil favorisent le déclin cognitif

Afin d'évaluer l'impact des troubles du sommeil sur les fonctions intellectuelles et sur la mémoire, 2000 personnes âgées de 75 ans en moyenne ont été testées à plusieurs reprises (deux, six et dix ans après leur inclusion dans l'étude) par une échelle spécifique, le Mini-Mental State Examination (MMSE). Résultat : le fait de dormir moins de six heures et demie par nuit ou de somnoler régulièrement dans la journée double le risque de déclin cognitif. A l'inverse, une bonne sieste (plus d'une heure) réduit pratiquement de moitié le risque à dix ans.

Sleep Medicine, août 2012

ENDOCRINOLOGIE

La mélatonine entrave des phénomènes cellulaires

La mélatonine assure la régulation des rythmes biologiques, et l'on pense aujourd'hui que cette « hormone du sommeil » entrave également certains processus d'autophagie (autodigestion de la cellule) résultant du stress oxydatif. Notamment la mitophagie, qui correspond à une autodestruction d'organites intracellulaires jouant un rôle majeur : les mitochondries. D'où l'espoir de manipuler un jour les taux de mélatonine pour tenter de contrôler ces phénomènes cellulaires.

Molecular and Cellular Endocrinology, septembre 2012.

GASTRO-ENTÉROLOGIE

Côlon irritable : les femmes plus sensibles que les hommes

La revue d'une cinquantaine d'études confirme que les troubles fonctionnels intestinaux, ou syndrome du côlon irritable, sont plus fréquents chez la femme (14 %) que chez l'homme (9 %). La constipation est le symptôme le plus répandu chez la femme (40 % contre 21 % chez l'homme) alors que c'est la diarrhée chez l'homme (50 % au lieu de 31 %). Le côlon irritable est plus fréquent en Europe et en Amérique du Nord qu'en Asie du Sud-Est, en Amérique latine et en Afrique.

American Journal of Gastroenterology, juillet 2012.

PÉDIATRIE

Les bienfaits des animaux de compagnie

La présence d'un chien ou d'un chat réduirait le risque d'infection respiratoire chez le jeune enfant. C'est du moins ce que suggère une étude finlandaise menée à la ville et à la campagne. Au cours de la première année de la vie, les enfants en contact avec un chien quelques heures par jour (six heures en moyenne) à l'intérieur de la maison ont moins de rhinites et d'otites et reçoivent moins d'antibiotiques que les enfants sans animal de compagnie. Le bénéfice est moins marqué avec les chats. Ces résultats qui demandent confirmation s'expliqueraient par une stimulation immunitaire plus précoce en présence de l'animal.

Pediatrics, août 2012.

AFP

Le café a-t-il des effets béné

Consommée dans le monde entier pour ses capacités stimulantes, la plante millénaire intéresse aujourd'hui les chercheurs pour ses possibles actions positives contre le cancer ou les maladies neurodégénératives.

BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

Issu des graines d'une plante originaire d'Ethiopie utilisée depuis des millénaires par de nombreuses civilisations pour lutter contre la fatigue, le café est la boisson « excitante » la plus consommée au monde. Aujourd'hui, plus de 50 % des adultes en boivent char jour en Europe et en Amérique du Nord et 25 % de plus en consomment occasionnellement.

Il n'en a pas toujours été ainsi. Dans les années 1990, le cours du café, dont la variété robusta était alors la plus commercialisée, s'est effondré. Le secteur s'est redressé au début des années 2000, misant davantage sur la qualité que sur la quantité. Considéré aujourd'hui comme un produit raffiné, le café alimente notamment le lucratif marché des dosettes (plus d'un milliard d'euros par an de chiffre d'affaires en France). Au niveau mondial, le prix de l'arabica, actuellement 70 % de la production, a doublé entre 2010 et 2011. Et ses propriétés ont éveillé l'intérêt des chercheurs travaillant sur le cancer ou les maladies neurodégénératives comme Alzheimer et Parkinson.

Ses propriétés varient en fonction de sa préparation. Sa principale substance active est la caféine, de la famille des méthylxanthines, également présente dans le thé, le cacao, le kola, le maté ou le guarana. Sa prise provoque une stimulation des capacités intellectuelles, la caféine se liant aux récepteurs de l'adénosine – un neuromodulateur qui régule la libération de neurotransmetteurs excitateurs de l'activité cérébrale – en stimulant cette libération. Elle provoque également une accélération du rythme cardiaque, de la production d'urine et du transit intestinal. La quantité de caféine varie en fonction du mode de préparation du café. Ainsi une tasse (150 ml) de café filtre contient en moyenne 115 mg de caféine, tandis qu'une tasse de café issue d'une machine à percolateur ou à dosette en contient environ 75 mg et une tasse de café soluble 65 mg (1).

1 mg/kg/jour

Soit la consommation mondiale de caféine, à 80 % sous forme de café. Ce taux atteint 7 mg/kg/j en Scandinavie, région où se trouvent les pays les plus consommateurs de café au monde avec une moyenne de 12 kg/an/habitant contre 4 à 9 kg dans le reste de l'Europe.

Les effets ressentis dépendent avant tout du consommateur. La dose minimale de caféine efficace pour ressentir un effet stimulant est variable selon les individus. Estimée à 60 mg minimum pour un adulte, elle peut atteindre 200 mg chez les gros consommateurs (2). Certains facteurs influencent également sa biodisponibilité *(voir le lexique)*. Ainsi, si la demi-vie de la caféine est comprise entre 150 et 270 minutes, elle est réduite de 30 à 50 % chez les fumeurs mais

fiques sur nos neurones ?

double en revanche en cas de prise d'une contraception orale et est considérablement allongée au cours du dernier trimestre de la grossesse (3). En effet, le fœtus, dépourvu de l'équipement enzymatique nécessaire à l'élimination des méthylxanthines, met plus de cent heures à éliminer la caféine. Il est donc conseillé aux femmes enceintes de ne pas consommer plus de 200 mg de caféine par jour.

Une consommation excessive a des effets négatifs. Au-delà de 400 à 800 mg de caféine, soit cinq à dix grandes tasses de café, nervosité, anxiété, agressivité, insomnie, accélération du rythme cardiaque ou encore tremblements apparaissent. De plus, si la consommation de café au cours de la journée n'a aucune incidence sur l'endormissement ou la qualité du sommeil, une consommation de caféine même faible (100 mg) avant le coucher diminue la qualité du sommeil avec des difficultés et des retards d'endormissement jusqu'à trois heures après la prise. Dégradant en particulier l'organisation temporelle du sommeil lent et paradoxal et la qualité du sommeil profond, son action serait majorée chez la personne âgée et le faible consommateur de café.

ASTRID NEHLIG Directrice de recherche à l'Inserm, faculté de médecine de Strasbourg

Son effet anticancer est à l'étude

« Si le café a pu être soupçonné d'être un facteur de risque dans le développement des cancers de la vessie, à l'heure actuelle plus aucun lien direct entre sa consommation et le risque de développer différentes tumeurs ne semble établi. Au contraire, des travaux en laboratoire et des études épidémiologiques suggèrent un effet protecteur du café dans certains cancers tels que ceux colorectaux, du foie, de la peau, du sein et les formes agressives de cancer de la prostate. Il faut en revanche rappeler que toute boisson consommée brûlante représente un facteur de risque de développer un cancer de l'œsophage, de la cavité orale du larynx et du pharynx. »

Il aurait un effet protecteur contre le développement de la maladie d'Alzheimer… Des études statistiques ont montré que le risque de développer une maladie d'Alzheimer était moindre chez les consommateurs de café, le risque le plus faible étant retrouvé chez les consommateurs de trois à cinq tasses quotidiennes. Des travaux sur des souris génétiquement modifiées pour développer la maladie d'Alzheimer à 8 mois montrent que l'ajout de café à leur eau de boisson entre 4 et 9 mois à une dose équivalente à cinq tasses de café quotidiennes permet d'améliorer l'apprentissage et la mémoire et réduit les concentrations de peptides bêta-amyloïdes dans l'hippocampe, l'aire cérébrale contrôlant la mémoire.

De plus, la prise de caféine chez les souris déjà atteintes de déficits cognitifs permet d'inverser ces déficits (4). Mais, à ce stade, rien n'est prouvé : la confirmation d'une association positive entre consommation de café et réduction du risque d'Alzheimer nécessite des études sur l'homme avec un grand nombre de patients.

… et sur la maladie de Parkinson. Une méta-analyse menée en 2010 suggère une diminution globale de 25 % du risque de contracter la maladie de Parkinson chez les consommateurs de café par rapport aux non-consommateurs (6). Une étude récente suggère que les acides caféiques du café, qui appartiennent à une famille d'antioxydants nommés acides phénoliques, auraient des effets protecteurs contre les molécules impliquées dans le développement de cette maladie qui détruit les neurones de la substance noire du cerveau, zone de contrôle de la locomotion et de la posture (7). Si chez les patients âgés, déjà atteints par la maladie, les symptômes parkinsoniens ne sont pas améliorés par la consommation de café, la caféine potentialise les effets de la L-dopa, traitement classique de la maladie.

LEXIQUE

BIODISPONIBILITÉ : mesure de la vitesse d'absorption et de la quantité absorbée d'une substance exogène.

DEMI-VIE : temps nécessaire pour éliminer 50 % de la quantité d'une substance exogène par l'organisme.

PEPTIDES BÊTA-AMYLOÏDES : peptides dont l'accumulation en plaques, dites plaques amyloïdes, dans les territoires cérébraux impliqués dans la mémoire provoquent son dysfonctionnement et sont caractéristiques de la maladie d'Alzheimer.

(1) Debry G, *Le Café et la santé*, Editions John Libbey Eurotext, 1993. (2) Yann Cornillier et al., *Le Guide des compléments alimentaires*, Vidal, 2009. (3) Astrid Nehlig. Effets physiologiques du café et santé humaine : une revue. Les Cahiers de l'Agriculture, vol. 21, n° 2-3, mars-avril – mai-juin 2012. (4) Arendash GW et al. Caffeine and coffee as therapeutics against Alzheimer's disease. Journal of Alzheimer's Disease 20 Suppl 1: 117-26, 2010. (5) Santos C et al. Caffeine intake and dementia : systematic review and meta-analysis. Journal of Alzheimer's Disease 20 Suppl 1: 187-204, 2010. (6) Costa J et al. Caffeine exposure and the risk of Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis of observational studies. Journal of Alzheimer's Disease 20 Suppl 1 : 221-38. 2010. (7) Vauzour D et al. Caffeic acid, tyrosol and p-coumaric acid are potent inhibitors of 5-S-cysteinyl-dopamine induced neurotox- icity. Archive of Biochem Biophys. 501:106–11. 2010.

Philippe Charlier, médecin légiste, anthropologue et paléopathologiste

“Un corps mort mérite tout notre respect”

Qu'il autopsie des personnages historiques ou des anonymes, cet expert met au point sans relâche de nouvelles techniques d'investigation.

PHILIPPE CHARLIER, 35 ans, maître de conférences, travaille dans le service de médecine légale du CHU Raymond-Poincaré, à Garches (92). Chercheur au laboratoire d'éthique médicale de Paris-V, il est aussi rattaché à l'Ecole pratique des hautes études, ainsi qu'à l'université de Lille-III. Ses travaux récents ont porté sur l'analyse des restes d'Agnès Sorel ou d'Henri IV. Il est l'auteur de nombreux ouvrages dont *Male Mort : les morts violentes dans l'Antiquité* (Fayard, 2009), *Le Roman des morts secrètes de l'histoire* (Le Rocher, 2011).

Certains vous surnomment l'« Indiana Jones des cimetières », car vous avez analysé les restes de célèbres personnages historiques. Que vous inspire ce qualificatif ?
Je trouve cette appellation plutôt bienveillante. Cela tient vraisemblablement au fait que je suis un médecin légiste avec une spécialité en archéo-anthropologie et histoire des maladies. Surtout, je m'intéresse aux procédures d'identification, qu'elles soient historiques ou anthropologiques, et aux diagnostics rétrospectifs des causes de la mort. A compétences particulières, appellation particulière…

Vous avez entrepris d'analyser les restes du roi Richard 1er d'Angleterre, surnommé Richard Cœur de Lion, mort en 1199. Où en sont vos travaux ?
Nous avons analysé plusieurs milligrammes de poudre correspondant aux résidus du contenu du reliquaire de son cœur conservé à Rouen. Nous nous sommes focalisés sur l'identification des produits d'embaumement et avons fait des découvertes surprenantes que nous comptons publier prochainement. Quelques milligrammes, ce n'est certes pas beaucoup, mais il est intéressant de travailler sur des « fifrelins » pour essayer d'en soutirer le maximum d'informations. Cela permet à mon équipe et moi-même de mettre au point des techniques qui sont ensuite validées et développées pour des applications médico-légales quotidiennes. Ainsi, sur le corps que j'ai examiné ce matin dans le cadre de mon activité au centre hospitalier universitaire de Garches (Hauts-de-Seine), j'aurais pu exploiter une méthode de dosage de l'or « façon Diane de Poitiers » ou de dosage du mercure dans les cheveux « façon Agnès Sorel », c'est-à-dire établies grâce à nos recherches en archéo-anthropologie.

Que vont vous apporter ces nouvelles analyses sur Richard Cœur de Lion ?
J'aimerais qu'elles nous aident à obtenir une vision diachronique des types d'embaumement utilisés au cours du temps et des techniques afférentes. Historiquement, nous disposons, en effet, de livres de comptes qui recensent les produits, et parfois les quantités, utilisés pour l'embaumement de tel ou tel personnage célèbre, comme le duc de Berry au XVe siècle par exemple. Mais l'étude directe de la dépouille est précieuse, car ces comptes peuvent être faussés : on peut avoir en effet commandé plus de produits que nécessaire, ou utilisé de vieux stocks sans avoir besoin de passer commande. L'idéal est de travailler directement sur les restes eux-mêmes, c'est-à-dire sur le « patient ».

Comment choisissez-vous les personnages historiques qui deviendront vos sujets d'étude ?
Je me refuse à faire exhumer qui que ce soit – personnages historiques ou anonymes – pour mon seul plaisir car, sans être particulièrement religieux, je ne veux pas troubler le repos, supposé éternel, de quelqu'un, fut-il mort depuis très longtemps. Je suis donc un « opportuniste », dans le bon sens du terme : j'utilise des fragments déjà connus, je récupère des restes dans des fosses communes, ou encore je profite de la translation d'une dépouille. En l'occurrence, le tombeau du cœur de Richard Cœur de Lion avait été découvert dès le XIXe siècle. Son cœur avait déjà été sorti, et j'ai profité de l'occasion pour l'étudier. Mais l'étude des grands personnages historiques ne constitue pas mon activité principale. Je fais surtout, tous les matins, des autopsies de personnes mortes dans des conditions suspectes à la demande de la police et de la justice. Quant à mon activité archéo-anthropologique, elle s'intéresse principalement aux « anonymes qui font l'histoire » comme les squelettes sans identité, grecs, romains, étrusques, celtiques ou médiévaux.

Quel regard portez-vous sur votre discipline ?
La médecine légale française se situe dans le peloton de tête mondial, à la fois par la qualité des autopsies réalisées et des examens complémentaires pratiqués. A l'heure actuelle, il est rare de trouver une revue médico-légale internationale sans article rédigé par des Français. Cette situation d'excellence est due au statut particulier de médecin hospitalo-universitaire qui permet de travailler le matin sur des autopsies et de continuer ses recherches fondamentales l'après-midi.

Qu'ont apporté les Français dans ce domaine ?
Les premières autopsies « modernes » ont été réalisées par Ambroise Paré au XVIe siècle. Il a édicté la façon d'ouvrir les corps mais surtout de rendre son rapport en mettant l'accent sur le caractère létal ou non d'une ●●●

> « Les autopsies virtuelles par imagerie médicale ne remplaceront jamais le toucher et la vue »

●●● lésion traumatique. Les Français ont également mis au point, au XIXe siècle, la technique utilisée aujourd'hui quasi universellement pour ouvrir un corps. C'est la « grande lyonnaise », une section verticale du menton au pubis. Des aménagements ont ensuite été apportés par les Allemands, notamment Rudolf Virchow.

La médecine légale a-t-elle existé de tout temps ?
Il y a toujours eu des enquêtes, plus ou moins minimalistes, plus ou moins performantes et plus ou moins invasives. Pensez à l'autopsie de Jules César ! Elle a montré qu'une seule des plaies, sur la vingtaine infligée, était mortelle. Mais les méthodes ont évolué peu à peu. Longtemps, on a évité de trop ouvrir les cadavres, préférant sonder les blessures pour en vérifier la profondeur avec un stylet. Rappelons que, contrairement à une idée reçue, jamais l'Eglise, même au Moyen Age, ne s'est opposée aux autopsies dans un but scientifique, même si elle en a limité le nombre pour éviter les excès. Cette prétendue interdiction n'est qu'une invention historique du XIXe siècle, comme le philosophe Michel Foucault l'a bien montré. Nous en avons la preuve car nous possédons les textes juridiques du statut des universités, les comptes financiers des toutes premières universités de médecine en Italie (XIIe-XIIIe siècles), des documents où l'on peut voir que des cadavres sont achetés directement ou sont récupérés pour être autopsiés dans un but de recherche scientifique. Certes, il n'y en a pas eu beaucoup, mais des autopsies ont été réalisées, avec l'approbation de l'Eglise.

Cette pratique se retrouve-t-elle dans toutes les sociétés ?
Oui, avec des particularités locales. J'ai ainsi travaillé avec un étudiant du musée de l'Homme sur les autopsies en pays bamiléké, dans l'ouest du Cameroun. On recherche sur les organes les traces de l'animal qui a vaincu l'individu. Cette interprétation zoomorphe représente un système de classification des lésions comme un autre.

Que pensez-vous des autopsies virtuelles réalisées grâce aux instruments d'imagerie médicale, qui commencent à prendre de l'importance ?
Elles ne remplaceront jamais les autopsies viscérales ou organiques car ce ne sont que des images. Il faudra toujours avoir les organes entre les mains, et surtout passer au stade de la microscopie pour avoir une certitude ab-

REPÈRES

À PATIENTS HISTORIQUES, RÉSULTATS SURPRENANTS

AGNÈS SOREL (1422-1450) : 555 ans après son décès prématuré à l'âge de 28 ans, l'analyse des restes d'Agnès Sorel ont confirmé sa mort suspecte. La favorite du roi Charles VII a-t-elle succombé à un empoisonnement criminel… ou à une intoxication aiguë accidentelle ? De très forts taux de mercure ou « vif-argent », comme on l'appelait à l'époque, ont été détectés dans ses poils et cheveux. Son décès aurait pu être provoqué par l'ingestion d'importantes doses de mercure destinée à traiter l'ascaridiose, une maladie parasitaire, dont elle souffrait. Dans l'urne qui contenait les restes, se trouvait également un fœtus de 7 mois, confirmant la chronique historique qui disait qu'Agnès Sorel était morte peu après avoir accouché de son quatrième enfant (prématuré). Les analyses achevées, elle a été réinhumée dans son tombeau de la collégiale Saint-Ours de Loches (Indre-et-Loire).

DIANE DE POITIERS (1499-1566) : Une intoxication à l'or serait à l'origine de la mort de la célèbre maîtresse d'Henri II. Pour conserver sa beauté (elle avait vingt ans de plus que son royal amant), celle-ci aurait abusé d'un élixir réalisé à partir de ce métal précieux (« or potable »). Une décoction très en vogue à la cour au XVIe siècle. « *Nous avons également pu mettre en évidence qu'elle avait eu une fracture de la jambe… réduite par Ambroise Paré,* raconte Philippe Charlier. *Du coup, nous tenions dans nos mains, un tibia et un péroné remis en place par le génial chirurgien.* »

HENRI IV (1553-1610) : En décembre 2010, l'étude médico-légale et historique d'une tête embaumée a permis d'identifier celle du « bon » roi Henri IV. Outre les traces d'un nævus (lésion cutanée) que le souverain assassiné par François Ravaillac possédait au niveau de l'aile du nez, plus d'une vingtaine d'arguments anthropologiques, médicaux et historiques ont été apportés. Ont également été mis en évidence les séquelles d'un traumatisme laissé par un coup de couteau antérieur (une précédente tentative d'assassinat par Jean Châtel), des lésions d'athérosclérose, une cataracte, etc.

solue. D'autant qu'une cause de mort peut en cacher une autre. Ainsi, sur une victime d'un accident de la route, l'outil radiographique peut conclure à un décès par polytraumatisme alors que l'autopsie va révéler une infection au niveau du myocarde. Autrement dit, l'automobiliste a pu perdre connaissance à la suite d'un trouble brutal de son rythme cardiaque alors qu'il était au volant, occasionnant un dramatique accident de la route et des fractures multiples. Un légiste peut détecter cela à l'œil nu, avec un aspect flasque et bigarré du muscle cardiaque, et obtenir confirmation par un examen microscopique complémentaire.

Pour autant, l'imagerie pourrait être un outil d'appoint ?

Bien sûr, un outil extrêmement performant et dont on aura de moins en moins envie de se passer. Les autopsies virtuelles peuvent atteindre des zones qui sont rarement explorées, comme les tissus profonds, et sont très utiles pour les problèmes de trajectoire en balistique. De plus, elles permettent de renouveler les observations à l'infini, sans avoir besoin de manipuler le corps. En outre, elles fournissent des images compréhensibles et présentables – moins traumatisantes, car moins sanglantes – lors d'un procès d'assises ou pour la famille, par exemple.

Vous préparez actuellement une thèse d'éthique sur le statut du « corps mort ». Pourquoi est-ce à vos yeux une question si importante ?

Car on ne sait pas aujourd'hui à qui appartient un mort. A sa famille ? à la société ? à la justice et à la police temporairement ? J'espère trouver des réponses sur le plan moral, éthique, légal, scientifique, religieux. Car même s'il n'interagit plus avec les vivants, un corps mort mérite tout notre respect. Je le considère d'ailleurs toujours comme celui d'un patient, et je le manipule avec la même délicatesse, mais sans sensiblerie, néanmoins.

La médecine légale apporte-t-elle quelque chose à la médecine des vivants ?

Indéniablement. Tout d'abord, elle aide à définir précisément les causes d'un décès, ce qui est très important pour les familles, et pour la police et la justice parfois, puisque nous aidons à résoudre des enquêtes criminelles. Ensuite, elle peut mettre en évidence l'existence d'une pathologie héréditaire, ce qui peut permettre de soigner le reste des membres d'une même famille. Enfin, en termes de données sanitaires, elles affinent nos connaissances sur les véritables causes de mortalité. Plus de 6000 autopsies sont pratiquées chaque année en France.

Pour vous, y a-t-il un mystère derrière la mort ?

Ce qui m'intéresse, c'est le mécanisme de la mort. L'organisme connaît une lente agonie : les organes meurent les uns après les autres, comme des bougies que l'on soufflerait une à une. C'est *« un épuisement progressif des ressources de l'individu arrivant de façon inéluctable à la mort »*, comme l'a dit magnifiquement René Laennec [l'inventeur de l'auscultation et du stéthoscope au début du XIXe siècle].

En tant que médecin légiste, comment décririez-vous justement ce moment que l'on appelle « la mort » ?

C'est une réflexion que j'ai depuis longtemps, et qu'à titre personnel, j'ai tous les jours, en travaillant sur des cadavres humains. Pour moi, comme je vous l'ai dit, la mort c'est non pas un anéantissement, mais un passage d'un état à un autre. On va dire que l'âme quitte le corps, il ne reste plus qu'une enveloppe charnelle qui à mes yeux professionnels, à mes yeux de médecin légiste et d'anthropologue, est encore chargée d'énormément de signes qui témoignent à la fois de la vie de l'individu, de son activité ; qui témoigne de son agonie, des causes de son décès, et même de ce qui est advenu juste après la mort, et même longtemps après la mort. C'est un passage d'un état à un autre, mais sans perte d'informations. Avec une perte de souffle, une perte de vie, une perte d'étincelle, d'âme au sens de ce qui anime, qui fait bouger, mais ce n'est surtout pas une perte d'information. L'information se transforme elle aussi. C'est à nous de la révéler. C'est à nous de la retrouver dans notre activité. J'espère maintenant, eu égard aux corps dont j'ai pu m'occuper, que c'est un état dans lequel un individu ne souffre plus. Dans lequel il trouve vraiment le repos. Le vrai repos éternel. Pour les bouddhistes, par exemple, la mort n'est pas l'anéantissement de toute chose, mais l'anéantissement des douleurs. Et pour avoir observé pas mal de visages de cadavres, ils sont généralement sereins. Parfois même souriants. C'est quelque chose de très apaisant. La mort sourit. Et c'est un sourire de paix. J'espère que cela n'est pas que physiologique. J'espère que c'est aussi réaliste et moral.

Quand votre tour viendra, que souhaiteriez-vous en particulier, vous qui êtes si familier de la mort ?

Faire don de mes organes pour qu'ils servent à la vie d'autres personnes. Que les morts soient utiles aux vivants.

Propos recueillis par Bernadette Arnaud et Carole Chatelain

Photos : Francesco Acerbis pour Sciences et Avenir

MA BIBLIOTHÈQUE ÉGOÏSTE

« Humanisme médical et vahinés… »

« Je commencerai par *Le Quatuor d'Alexandrie*, de Lawrence Durrell, un de mes livres préférés pour la beauté de la langue, la référence à l'antique et le délice oriental. *Le Léopard sur le garrot*, de Jean-Christophe Ruffin, c'est le livre que je transportais dans ma poche pendant mes études de médecine : il s'agit pour moi de l'ouvrage même de l'humanisme médical. Un livre référence. Sans oublier *Le Triangle hippocratique*, de Danielle Gourevitch. Un livre écrit pendant le séjour de l'auteure à l'Ecole française de Rome et qui a été une grande source d'inspiration pour ma façon d'écrire et de présenter mes résultats universitaires. Son écriture est digeste, utile, efficace, incisive. La peinture aussi est très importante pour moi. Un tableau comme *Les Deux Tahitiennes*, peint en 1899 par Paul Gauguin (il est conservé au Metropolitan Museum de New York), m'est très cher, ne serait-ce que parce que la vahiné de gauche – magnifique ! – est tout le portrait de ma femme… »

BERNARD MARTINEZ

Découverte sur les géants

Des fouilles récentes ont mis au jour en France des ossements appartenant à de terrifiants carnivores et à de monstrueux herbivores. Enquête sur les traces des dinosaures figurant parmi les plus grands du monde.

Dossier réalisé par Rachel Mulot
Illustrations : Michel Fontaine pour « Sciences et Avenir »

J. M. HURON/SIGNATURES

On a retrouvé la terreur du crétacé p. 54

JEAN-BERNARD NADEAU/LOOKATSCIENCES

Un super poids lourd gobeur de feuilles p. 58

UNIVERSITÄT BONN

7 énigmes et leurs folles hypothèses p. 62

FLASHEZ, OU TAPEZ
WWW.ARCODINO.FR, ET FAITES
TOURNER LE DINOSAURE À 360°

+ POSTER

On a retrouvé la terreur du crétacé

Exclusif. « Sciences et Avenir » révèle l'anatomie surprenante d'Arco l'abélisaure, découvert dans le sud de la France. L'un des plus terribles prédateurs d'Europe.

C'est un peu le néandertalien des dinosaures. « Arco », le théropode carnivore exhumé récemment en Provence – et dont *Sciences et Avenir* révèle l'anatomie en exclusivité *(voir la reconstitution ci-contre et le poster)* – était doté, tout comme l'homme de Neandertal, d'un magnifique bourrelet sus-orbitaire. Et cette surprenante couronne crânienne sème une jolie pagaille chez les paléontologues. Avec ce crâne ornementé, Arco appartiendrait à une famille de dinosaures – les abélisauridés – dont l'existence en Europe restait très discutée.

L'animal a surgi de la nuit des temps à la faveur du chantier de l'autoroute A8, mené par la Société des autoroutes Esterel-Côte d'Azur entre Saint-Maximin (Var) et Aix-en-Provence (Bouches-du-Rhône). Les aménageurs – connaissant le potentiel fossile de la région – ont pris langue avec la Direction départementale de l'équipement, qui leur a conseillé d'alerter le muséum d'Histoire naturelle d'Aix-en-Provence, qui a conduit des fouilles préventives sur une dizaine de sites. Il faut saluer les bonnes manières de la société autoroutière car rien ne l'y contraignait : contrairement à l'archéologie, la paléontologie n'est régie par aucune loi de protection des fossiles et un chantier de fouilles est le plus souvent le fruit de négociations sur la propriété privée, celle des fossiles, les financements, la logistique, etc.

SYLVIE DAOUDAL

La prospection a porté ses fruits : parmi des centaines d'ossements, les chercheurs ont retrouvé dès 2006, à hauteur de l'échangeur de Pourrières (Var), cinq dents, puis l'année suivante un tibia, un péroné et une vertèbre caudale appartenant indiscutablement à un théropode carnivore et datés de -74 millions d'années. Le meilleur restait à venir : parmi les caisses rapatriées au muséum d'Aix-en-Provence en 2006, et ouvertes en 2009, un bloc recelait un gros os étrange. Les chercheurs ont d'abord pensé qu'il s'agissait d'une vertèbre de titanosaure, un quadrupède herbivore qui n'était pas rare dans le coin il y a plus de 70 millions d'années. Un examen plus approfondi, mené par le paléontologue Eric Buffetaut *(lire également p. 57)* a montré qu'il s'agissait de l'arrière-crâne d'un gros carnivore, long d'une vingtaine de centimètres. L'un des mieux conservés au monde. Mieux, cette portion de tête était ornée d'une belle excroissance osseuse au-dessus de l'œil. « *L'os est très rugueux, granuleux, un peu comme chez les crocodiles*, souligne Thierry Tortosa, paléontologue au laboratoire de géologie de l'Ecole normale supérieure et au muséum d'Aix-en-Provence, qui a repris l'étude d'Arco dans le cadre de sa thèse. *Selon une théorie, l'épiderme corné était posé directement sur ces os ponctués de petites bosses, et était constitué d'excroissances un peu rigides, des grosses écailles, comme chez le Moloch.* » Il est possible d'ailleurs que ces appendices aient été richement irrigués et vivement colorés… « *Il pourrait s'agir de caractères sexuels secondaires, des excroissances d'apparat pour attirer les femelles et impressionner ses adversaires* », note le chercheur. Cette forte ornementation est typique des abélisauridés, une famille de gros carnivores dont certains spécimens pouvaient atteindre 12 mètres de long. Jusqu'alors, elle n'était connue que sur les anciennes masses continentales du Gondwana, formé par l'Amérique du Sud, l'Afrique, Madagascar, l'Inde, l'Antarctique et l'Australie, après que le supercontinent de la Pangée a commencé à se disloquer. Quand et comment Arco a-t-il débarqué en Europe ? Ses restes ont été comparés avec ceux d'autres membres de sa famille. Résultat ? Il a des affinités avec un très vieil abélisauridé africain – le *Rugops* daté d'au moins -100 millions d'années – mais aussi avec un abélisauridé plus récent de Madagascar, le *Majagunsaurus*, qui vivait il y a 70 millions d'années, à un âge où l'île s'était déjà détachée de l'Afrique. D'où l'hypothèse que les deux dinosaures malgache et français soient issus d'une même espèce dont les descendants seraient sortis d'Afrique il y a une centaine de millions d'années. « *L'Europe était alors un archipel, dont la principale île s'étendait du sud de la France au nord de l'Espagne*, rappelle Thierry Tortosa. *Il semblerait que l'Europe ait servi de filtre migratoire entre la Laurasie, au nord, et le Gondwana, au sud.* »

C'est en Europe – alors déconnectée de l'Afrique et de l'Asie – qu'Arco et les siens auraient développé ce bourrelet sus-orbitaire, suppose le chercheur. Tout comme Neandertal qui a connu une dérive génétique après que le continent européen s'est trouvé isolé par les glaces ? « *Le rapprochement anatomique est amusant, mais il est improbable que le développement de l'arcade sourcilière soit une caractéristique propre à une évolution insulaire* », pondère Thierry Tortosa. D'ailleurs, les abélisauridés de Madagascar en sont dépourvus. Le spécimen d'Arco – dont le nom complet reste secret en attendant sa publication scientifique – confirmerait donc la présence de la famille des abélisauridés en Europe, mettant fin à plus de vingt ans de controverse. Leur présence était déjà suspectée : ●●●

ILLUSTRATION MICHEL FONTAINE POUR SCIENCES ET AVENIR

La preuve par l'excroissance

L'illustrateur Michel Fontaine a travaillé en étroite collaboration avec le chercheur Thierry Tortosa afin de redonner vie à Arco en exclusivité pour « Sciences et Avenir ». L'illustration révèle les étonnantes arcades sub-orbitales du carnivore. Retrouvez les commentaires de Thierry Tortosa sur notre site www.sciencesetavenir.fr

JEAN-MARIE HURON/SIGNATURES POUR SCIENCES ET AVENIR

Thierry Tortosa étudie les ossements d'Arco qui fait partie des abélisauridés, les plus gros prédateurs du crétacé supérieur dans l'archipel européen.

REPÈRES

THÉROPODES : groupe de bipèdes saurischiens (à bassin d'oiseaux) comprenant la quasi-totalité des dinosaures prédateurs (dont les tyrannosauridés et les abélisauridés) ainsi que les oiseaux fossiles et actuels.

SAUROPODES : dinosaures quadrupèdes herbivores saurischiens, au cou et à la queue allongée. Ils comptent dans leurs rangs les plus grands animaux terrestres connus, dont l'argentinosaure, les camarasaures et les titanosaures.

TRIAS : première période de l'ère secondaire – ou mésozoïque – allant de -251 à -199 millions d'années. La Terre forme alors un unique continent la Pangée *(voir le poster)*.

JURASSIQUE : période allant de -199 millions d'années à -145 millions, au cours de laquelle la Pangée se scinde en deux continents, la Laurasia (ou Méso-Asie) et le Gondwana.

CRÉTACÉ : période allant de -145 millions à -65 millions d'années, au cours de laquelle la Terre continue à se disloquer, et durant laquelle s'isole l'archipel européen. Sa fin est marquée par l'extinction des dinosaures non aviens, en partie imputable à la chute d'une météorite de plusieurs kilomètres de diamètre.

●●● un maxillaire avait été découvert en 1988, à Pourcieux (Var) par Eric Buffetaut. Puis un fémur, un tibia et des dents à Cruzy (Hérault), dans les années 1990 *(lire* S. et A. *n° 627, mai 1999)*. Sans oublier *Tarascosaurus*, un abélisauridé plus ancien et de plus petite taille, découvert aussi dans le Var. Compte tenu de la nature très fragmentaire des ossements, certains chercheurs hésitaient encore sur leur famille d'appartenance. Cette fois, la polémique devrait être close.

« *Les abélisauridés, dont Arco fait partie, étaient les plus gros prédateurs de l'archipel européen au crétacé supérieur*, note Thierry Tortosa. *Certains spécimens dépassaient les six mètres de long d'Arco. En taille, les abélisauridés sont supérieurs à l'autre famille de carnivores contemporains, les droméosauridés qui n'excédaient pas 2 m. Nous sommes en présence d'animaux occupant le sommet de la chaîne alimentaire.* » Peut-on comparer le carnivore du sud de la France à son contemporain américain, le célèbre *Tyrannosaurus rex*, qui mesurait jusqu'à 12 mètres et pouvait peser six tonnes ? « *Arco était plus gracile et légèrement bâti, ne pesant que quelques centaines de kilos. Ses membres postérieurs étaient plus allongés mais ses bras, en revanche, encore plus courts que ceux du carnivore américain*, détaille Thierry Tortosa. *Et il n'exerçait vraisemblablement pas le même type de prédation. L'arme principale du* T. rex *était son crâne robuste et sa mâchoire aux dents longues. Lourdement bâti, il devait s'embusquer et attaquer par surprise, infligeant des blessures mortelles au premier coup.* » Arco et les abélisauridés ont eux un museau plus court, des mâchoires plus étroites, des dents plus pointues et plus courtes. L'arrière de leur crâne montre qu'ils étaient dotés de cous très puissants, permettant des mouvements de tête rapides. « *On ne mange pas de manière rapide et brutale une carcasse qui est déjà morte*, souligne Thierry Tortosa, pour qui Arco n'était pas un charognard. Il l'imagine donc tournant autour de sa proie, multipliant les petites morsures pour l'affaiblir. « T. rex *chassait comme le requin blanc, Arco comme les petits squales* », résume-t-il. Mais pour traquer le rhabdodon, le titanosaure ou l'oiseau géant *(lire ci-contre)*, les abélisaures s'associaient-ils en bande ? « *Plus il est gros, moins un prédateur a besoin d'une meute, il se suffit à lui-même*, note Thierry Tortosa. *Ce qui est certain, c'est qu'Arco n'est pas isolé. Nous avons retrouvé la trace d'au moins trois individus sur le site, dans trois couches différentes. Il est probable que le territoire était arpenté par plusieurs de ces prédateurs. Soit leur territoire propre était très petit (ce qui est peu probable pour un grand prédateur), soit ils se le partageaient ou soit ils chassaient ensemble.* » Pour en savoir plus, les chercheurs aimeraient retourner sur le site qui a livré Arco, à Pourrières dans le Var. En attendant ces nouvelles fouilles, le XXIe siècle a repris ses droits, le site a été dissimulé sous un couvert végétal, à la fois pour protéger le gisement et les automobilistes.

Rachel Mulot

AFP

Eric Buffetaut Paléontologue, directeur de recherche au CNRS (1)

« Gargantuavis, l'incroyable oiseau »

Au temps des dinosaures vivait déjà un oiseau géant! Une petite révolution pour les paléontologues qui n'imaginaient pas cette coexistence.

Pourquoi ce paradigme, selon lequel les dinosaures et les oiseaux géants ne pouvaient cohabiter ?

On a longtemps pensé que les oiseaux de très grande taille, incapables de voler, n'étaient apparus qu'après l'extinction des dinosaures, à la fin du crétacé. Auparavant, ces derniers ne leur auraient laissé aucune possibilité de développement. Ce n'est qu'une fois les dinosaures disparus que d'énormes oiseaux, les *gastornithidae*, auraient peuplé les continents semant la terreur parmi les mammifères. C'était une image d'Epinal, trop simpliste, montrent des fouilles françaises. Certes, la plupart des oiseaux crétacés connus – grâce à des fouilles chinoises – dépassaient rarement la taille d'une poule. Mais dès 1995, un morceau de sacrum trouvé en Provence indiquait la présence d'un grand oiseau aux côtés des dinosaures. Puis, en 1998, un bassin et un fémur appartenant à un oiseau approchant la taille d'une autruche, provenant de couches du même âge en Languedoc, ont été décrits sous le nom de *Gargantuavis philoinos* : l'allusion à Gargantua est claire et le nom d'espèce signifie en grec « qui aime le vin » car il a été trouvé à proximité de vignobles. Mais cet oiseau semblait incroyable à beaucoup, d'autant qu'il est rare… Des fouilles systématiques en Provence et dans le Languedoc n'ont en effet plus rien donné pendant des années. Du coup, des doutes ont été émis quant à la véritable nature de l'animal, certains voulant y voir un ptérosaure (reptile volant) géant…

Que nous apprend le dernier fossile découvert ?

Cette vertèbre cervicale exhumée à Cruzy (Hérault) dans le cadre d'un projet sur les oiseaux géants (2) confirme l'existence passée de l'animal. Le fossile provient d'un gisement du crétacé supérieur, vieux de 70 millions d'années, qui a déjà livré des centaines de restes de vertébrés fossiles, notamment des dinosaures. Mais rien de comparable à cette dernière trouvaille : la nouvelle vertèbre, aux dimensions compatibles avec celles des restes de *Gargantuavis*, appartient indiscutablement à un grand oiseau, d'un type relativement évolué d'après ses articulations en forme très caractéristique de selle. C'est une articulation complexe typique du cou des oiseaux, bien différente des articulations des dinosaures. La vertèbre indique un animal d'une taille comparable à celle d'un casoar d'Australie, un des plus grands oiseaux actuels, pouvant atteindre 1,70 m de hauteur.

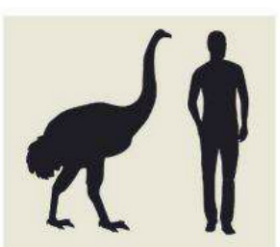
Comment expliquer la présence de ces oiseaux géants en France?

L'Europe était alors un archipel, ce qui peut expliquer que, dans un milieu insulaire, se soient développées des formes endémiques comme *Gargantuavis*. Sur l'île « ibéro-armoricaine » du crétacé supérieur, qui englobait une grande partie de la péninsule Ibérique et de la France, vivaient donc bien parmi les dinosaures des oiseaux de grande taille, dont on ne connaît pour l'instant aucun équivalent dans le monde.

En dépit de cette nouvelle découverte, beaucoup d'aspects de l'anatomie et de la biologie de *Gargantuavis* demeurent obscurs, tel son régime alimentaire, puisque son crâne est inconnu. Nous espérons en savoir bientôt plus. Des ossements encore en cours de dégagement dans des terrains du crétacé supérieur du Var semblent appartenir à *Gargantuavis*.

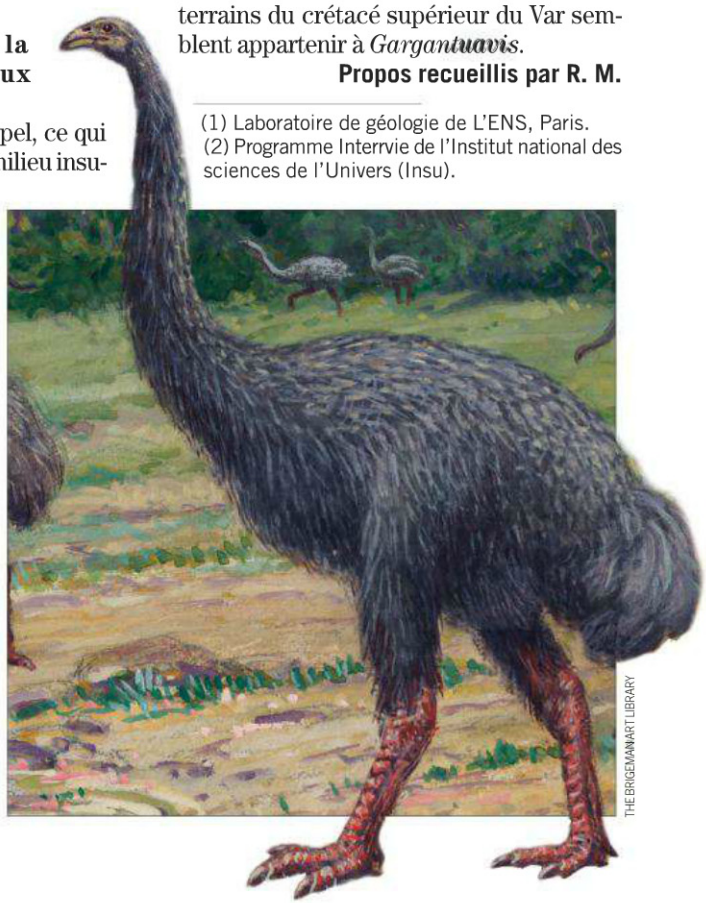
Propos recueillis par R. M.

(1) Laboratoire de géologie de L'ENS, Paris.
(2) Programme Interrvie de l'Institut national des sciences de l'Univers (Insu).



Grand comme un homme

Une vertèbre récemment retrouvée à Cruzy (Hérault) atteste la présence, il y a 70 millions d'années, d'un gros oiseau « Gargantuavis philoinos », dont on peut penser qu'il ressemblait au moa de Nouvelle-Zélande *(ci-contre, gravure)*, un oiseau coureur disparu vers 1500.


THE BRIDGEMAN ART LIBRARY

Un super poids lourd gobeur de feuilles

Le plus gros dinosaure au monde a été exhumé en Charente. Ses proportions hors normes captivent les chercheurs.

« Le gros ? C'est un miraculé ! » Jean Pierre Paillot, conducteur de machine depuis trente-deux ans chez Audoin, en frémit rétrospectivement : à quelques centimètres près, il détruisait avec sa pelle mécanique un joyau fossile de l'évolution et… un sacré beau morceau. De cuisse. Soit un fémur titanesque, long de 2,20 m, le plus grand os de dinosaure jamais exhumé au monde. « *On creusait un puisard*, se rappelle-t-il, en pointant du doigt le chantier de fouilles où s'affairent encore, en cette fin d'été, une quinzaine de chercheurs, étudiants et bénévoles. *On ne savait pas qu'il était là.* »

« *Il* », c'est le sauropode géant d'Angeac, dont les restes monstrueux gisaient depuis 130 millions d'années dans les sables du fleuve Charente, jusqu'à ce que ces derniers soient exploités par des carriers en 2010. « Il » n'a pas encore de nom scientifique mais ses caractéristiques fascinent déjà Ronan Allain, chargé de conservation des collections de reptiles et d'oiseaux fossiles au Muséum national d'histoire naturelle de Paris (MNHN), et Jean Le Lœuff, du musée d'Espéraza (Aude), qui en ont démarré l'étude. « *Est-ce une nouvelle espèce ? Nous n'avons pas encore assez d'ossements pour le décider* », explique le jeune chercheur, tout en jaugeant d'un œil expert la dernière trouvaille d'un bénévole. Seule certitude, c'était un géant qui surpassait aisément les titanosaures du sud de la France, d'autres dinosaures herbivores *(voir le poster)*. « *En complément du fémur, nous avons mis au jour un métacarpien – c'est-à-dire un os de la main ou des pattes de devant – long de 53 cm, qui confirme la taille exceptionnelle de ce sauropode !* souligne le scientifique. Comment se représenter un tel colosse ? « *Disons qu'une piscine olympique lui aurait à peine servi de baignoire ! Imaginez cette masse de chair dressée sur quatre gigantesques piliers d'os et de muscles. Si nous voulions exposer une reproduction à l'échelle, il nous faudrait la nef de la cathédrale d'Angoulême.* »

Le géant d'Angeac pouvait peser jusqu'à 50 tonnes et mesurer jusqu'à 40 mètres de long, de quoi égaler, voire battre, *Argentinosaurus*, un dinosaure exhumé en 1989 en Argentine, et détenteur jusque-là du record mondial. Mais ce dernier a été lui aussi été décrit à partir de quelques rares ossements, des morceaux de vertèbre et un péroné, ce qui laisse une belle marge d'erreur. Il est donc possible que les poids des ●●●

Des dimensions vertigineuses

40 mètres de long, 50 tonnes : le géant d'Angeac est en passe de battre le record mondial du plus grand dinosaure jusque-là détenu par « Argentinosaurus », mis au jour en 1989 en Argentine. Ses dents spatulées en forme de cœur ne pouvaient qu'arracher la nourriture pas la broyer.

Etudes « in situ ».

Sur le chantier de fouilles d'Angeac-Charente, archéologues, chercheurs et bénévoles s'affairent. Les ossements extraits sont ensuite nettoyés minutieusement dans des laboratoires logés sous des tentes *(ci-dessus)* avant d'être numérotés. A la fin de la campagne annuelle de fouilles, ils gagneront le musée d'Angoulême, où ils continueront d'être étudiés par les paléontologues.

PATRICK DUMAS/LOOKATSCIENCES

PATRICK DUMAS/LOOKATSCIENCES

MICHEL FONTAINE POUR SCIENCES ET AVENIR

L'autoroute des titans

Il y a 150 millions d'années, de gigantesques herbivores ont laissé leurs traces de plus de 1,10 mètre dans le Jura. Les empreintes découvertes à Plagne, dans l'Ain, en 2009 *(lire* S. et A. *n° 753, novembre 2009)* donnent une autre mesure du gigantisme des sauropodes qui ont autrefois arpenté la France. Ce sont 155 mètres de piste, formés par la succession de 115 pas qui ont été dégagés à ce jour, soit la plus grande voie de sauropodes au monde. « *Chaque trace dépasse les deux mètres de diamètre, en comptant les volumineux bourrelets d'expulsion de boue qui englobent les empreintes respectives de la main et du pied de l'animal,* explique Jean-Michel Mazin, directeur de recherche au CNRS et paléontologue à l'université de Lyon, qui fouille le site aux côtés de son collègue Pierre Hantzpergue. *Le pied lui-même devait atteindre 1,10 à 1,12 mètre de longueur. Une belle pointure non ?* » Pour le chercheur, la bête surnommée Odysseus, en hommage au grand voyageur Ulysse, « *faisait partie des super-poids lourds, comme celui d'Angeac* [lire ci-contre] ». Elle devait mesurer de 30 à 35 mètres de la tête à la queue, et peser plus de 40 tonnes. Certaines empreintes s'enfoncent à 40 centimètres de profondeur. « *Elles altèrent tous les niveaux,* souligne Jean-Michel Mazin. *On peut les lire comme des livres déformés, car la pression du pied a modifié et compacté les sédiments.* » Les mains et les pieds d'Odysseus présentent chacun clairement l'empreinte de cinq doigts massifs. D'après leur forme, il pourrait appartenir au groupe des titanosaures, des sauropodes dont on trouve des représentants au crétacé dans le sud de la France. Nulle trace de queue en revanche, elle ne traînait certainement pas par terre, mais était rigide et horizontale, se terminant par un fouet souple et défensif. « *Odysseus était si lourd qu'il ne devait marcher qu'à 3 km/h,* estime le chercheur, qui travaille à reconstituer sa démarche. *Nous estimons que la hauteur à la hanche d'Odysseus était de 6 mètres.* » Mais l'enchaînement des pas le laisse perplexe. « *Nous travaillons à estimer la distance de l'épaule à la hanche. Les premières mesures – effectuées à partir des empreintes de mains et de pieds les plus rapprochées – l'évaluent à 2,80 mètres. Or, ce n'est pas pensable ! Sauf si l'animal était bâti comme une girafe, avec un tronc très court et de très longues pattes. On dirait un sauropode perché sur des échasses, ou un quadripode impérial dans* Star Wars. *Cela ne correspond à rien de connu. Il va donc falloir expliquer la piste différemment, avec peut-être un autre mode de locomotion, un double cycle de locomotion, une autre alternance des pattes avant et arrière.* » Des études de biométrie sont en cours.

La piste de 155 mètres dans le Jura est formée de 115 empreintes de pied de dinosaure.

PATRICK DUMAS/LOOKATSCIENCES

●●● géants d'Angeac et d'Argentine soient tous deux surestimés. « *Depuis quelques années, les paléontologues ont tendance à revoir leurs calculs à la baisse… L'époque est à plus de modestie,* convient Ronan Allain *(lire* S. et A. *n° 786, août 2012).* Mais même divisées de moitié, les dimensions du reptile charentais restent vertigineuses. « *Le gigantisme des sauropodes* [voir lexique p. 56] *dépasse l'entendement humain* », souligne Jean-Michel Mazin. Directeur de recherche au CNRS, actuellement au laboratoire de géologie de l'université Claude-Bernard à Lyon, il codirige les fouilles de la fabuleuse mine à fossiles d'Angeac-Charente avec Ronan Allain et Jean-François Tournepiche, conservateur au musée d'Angoulême. « *Nous n'avons aucun modèle animal auquel nous raccrocher. Le fonctionnement de ces machines vivantes reste une énigme.* » (*Lire p. 62.*)

Pour en savoir plus, direction le laboratoire, dressé sous l'une des sept tentes du chantier où règne une chaleur étouffante. C'est là que les fossiles sont lavés, numérotés et entreposés avant de rejoindre le musée d'Angoulême. Ronan Allain montre une poignée de dents longues de plusieurs centimètres. « *J'ai rarement vu d'aussi belles quenottes de sauropodes ! Regardez comme les dents postérieures sont globuleuses. La surface d'émail est chagrinée, il y a de petites traces d'usure car les dents de dessus venaient choquer lorsque l'animal fermait la gueule.* » Le chercheur est formel : ces dents spatulées en forme de cœur n'étaient faites ni pour couper, ni pour broyer, mais servaient juste à arracher. Ce géant était probablement un glouton gobeur de feuilles, ce que confirment d'autres travaux récents sur l'alimentation des sauropodes. Sur le chantier, le bruit des pompes, qui avalent la nappe phréatique toute proche afin d'éviter que le site ne soit noyé, s'ajoute à celui des percuteurs pneumatiques des préparateurs, qui extraient minutieusement les fossiles de leur gangue. La moisson de l'été a été bonne. Toujours pas de crâne, certes, mais une vertèbre caudale de plusieurs kilos et trois métatarsiens – ces os reliant la cheville aux doigts des pattes postérieures. Longs de plusieurs dizaines de centimètres, ceux-ci précédaient plusieurs phalanges. « *Les os des pieds différaient de ceux des mains. Ces dernières avaient des phalanges plus courtes et dressées en colonne pour supporter quasiment tout le poids de l'animal. Il avait davantage une démarche de digitigrade (reposant sur les doigts) que de plantigrade (sur la plante des pieds).* » Mieux valait ne pas se trouver dans ses pattes ! Les chercheurs ont en effet exhu-

JEAN-BERNARD NADEAU/LOOKATSCIENCES

PATRICK DUMAS/LOOKATSCIENCES

PATRICK DUMAS/LOOKATSCIENCES

Un fémur titanesque. L'os du sauropode, long de 2,20 m, a été retrouvé dans les couches du crétacé inférieur des carrières d'Angeac-Charente (à gauche) au cours de l'été 2011. Un moulage en a été réalisé. D'autres ossements ainsi que des dents (en haut) ont également été mis au jour.

mé sur le site de nombreux fémurs d'ornithomimosaures, des théropodes à l'allure d'autruche. Certains os semblent cassés, brisés… comme si ces dinosaures, pesant près de 300 kg, avaient été piétinés par les gros quadrupèdes herbivores… Une hypothèse sur laquelle travailleront en 2013 deux étudiants en taphonomie, une discipline qui étudie la fossilisation des restes, depuis la mort de l'animal jusqu'à leur découverte. On saura alors si ces cassures ont été provoquées par un accident ou, ultérieurement, par des glissements et remaniements du terrain où les animaux ont été ensevelis.

Redoutable, le poids lourd d'Angeac avait-il lui-même des prédateurs ? Des indices retrouvés sur le site pourraient le laisser supposer, comme ces dents à la forme recourbée et tranchante. L'émail qui les recouvre forme des vaguelettes typiques des carcharodontosaures, les « lézards aux dents aiguisées », un groupe de théropodes plus massif que *Tyrannosaurus rex* mais aussi que l'abélisauridé Arco *(lire p. 54)*.

La quête de gros dinosaures français est donc loin d'être terminée. « *Il nous reste à trouver le squelette de ce prédateur !* », soupire Ronan Allain. Ce ne sera pas pour cette année où la découverte la plus spectaculaire restera celle d'un tronc d'arbre fossilisé, long de plus de 10 mètres. « *Le site d'Angeac-Charente est une vraie mine, nous en avons encore pour des décennies à le fouiller,* explique le chercheur. *A 80 mètres du site principal, nous avons fait un carottage à 15 mètres de profondeur et nous sommes tombés… pile sur un os que nous avons transpercé. Mais cela, ce sont nos petits-enfants qui l'étudieront.* »

Des indices retrouvés sur le site pourraient indiquer que le géant avait des prédateurs

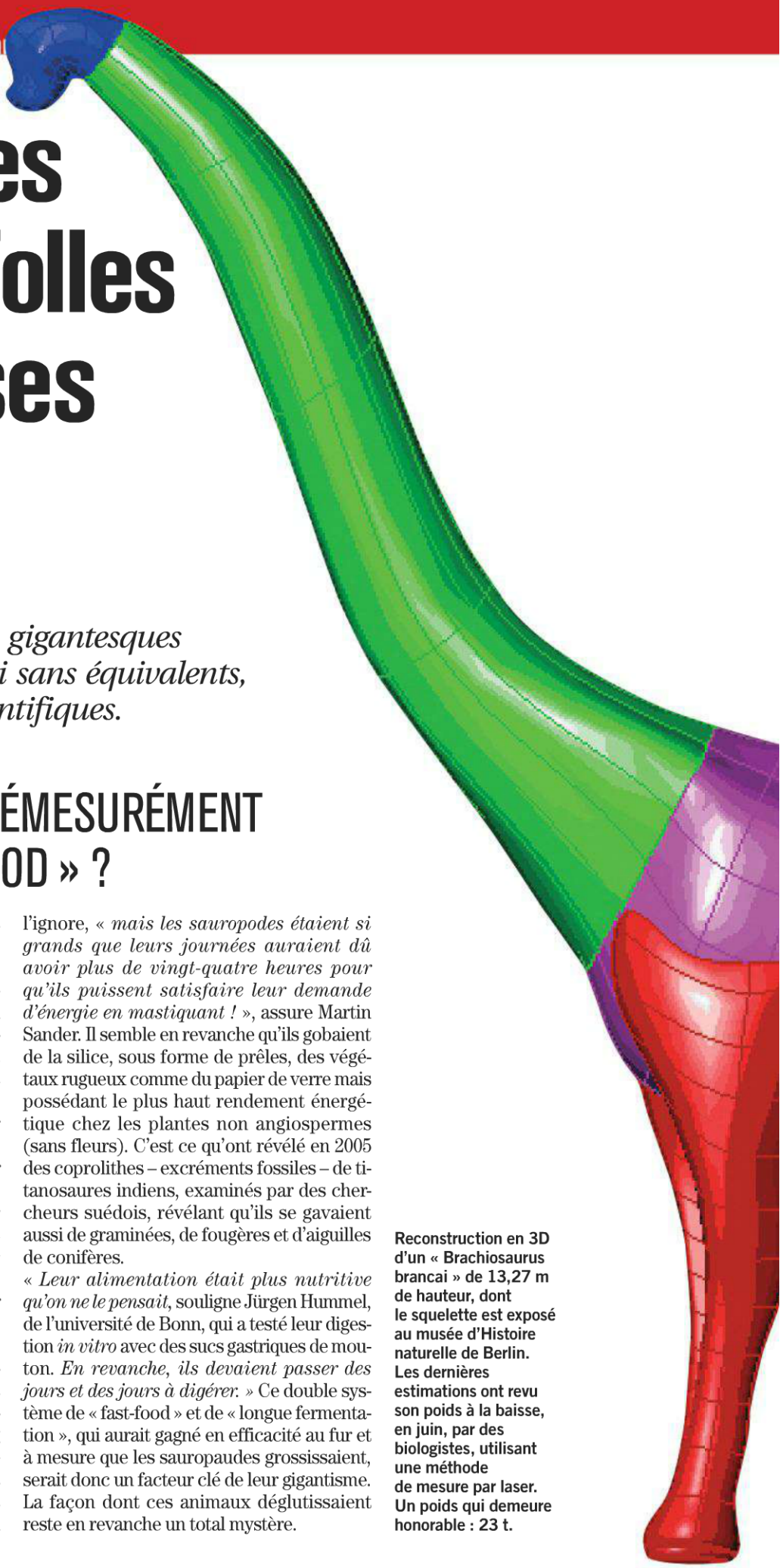
En attendant, il faut replier les tentes car la saison de fouilles s'achève. On expédie des caisses de fossiles au musée d'Angoulême où les préparateurs les nettoieront et où les paléontologues les étudieront tout le reste de l'année. Le tronc gigantesque, lui, est laissé *in situ*, après avoir été soigneusement moulé, emballé dans des géotextiles, puis bâché. « *Lorsque les pompes se taisent*, raconte Jean-François Tournepiche, la *nappe phréatique reprend ses marques, une eau trouble envahit le terrain de fouilles.* » Les écrevisses de Louisiane, qui pullulent sur le chantier et servent aussi à nourrir les étudiants, vont de nouveau avoir la paix. Jusqu'à l'été prochain. **R. M.**

7 énigmes et leurs folles hypothèses

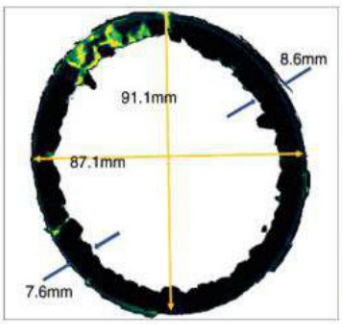
Le fonctionnement de ces gigantesques « machines », aujourd'hui sans équivalents, attise la curiosité des scientifiques.

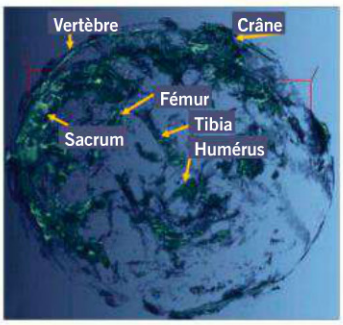
1 ONT-ILS GRANDI DÉMESURÉMENT GRÂCE AU « FAST-FOOD » ?

Les sauropodes géants étaient des gloutons qui avalaient sans avoir besoin de mâcher, aidés dans leur digestion par une *« méga-microflore symbiotique »*, selon le paléontologue Martin Sander, de l'université de Bonn (Allemagne), qui a fondé un groupe de recherche consacré au gigantisme. Il faut donc les imaginer comme de monstrueuses cuves à fermentation sur pattes, alimentées en permanence par une grue maniable – leur long cou – portant un outil de découpe, des mâchoires aux dents tranchantes. « *Leur toute petite tête – 70 cm de long pour un diplodocus de 26 m ! – ne laissait pas de place à de puissants muscles masticateurs, ni à des os pouvant les supporter, ni même à des molaires. D'ailleurs, leurs petites dents spatulées ou cylindriques ne pouvaient servir qu'à saisir et arracher la nourriture.* »
Certes, la mastication aide à digérer plus vite, mais plus l'animal est massif, plus cela requiert de temps. Un éléphant de 5 tonnes passe ainsi dix-huit heures par jour à satisfaire son énorme appétit, mastiquant 200 kg de végétaux, avalant 100 litres d'eau. Que pouvait consommer un sauropode atteignant le poids de dix éléphants ? Deux tonnes de végétaux, un mètre cube d'eau ? On l'ignore, « *mais les sauropodes étaient si grands que leurs journées auraient dû avoir plus de vingt-quatre heures pour qu'ils puissent satisfaire leur demande d'énergie en mastiquant !* », assure Martin Sander. Il semble en revanche qu'ils gobaient de la silice, sous forme de prêles, des végétaux rugueux comme du papier de verre mais possédant le plus haut rendement énergétique chez les plantes non angiospermes (sans fleurs). C'est ce qu'ont révélé en 2005 des coprolithes – excréments fossiles – de titanosaures indiens, examinés par des chercheurs suédois, révélant qu'ils se gavaient aussi de graminées, de fougères et d'aiguilles de conifères.
« *Leur alimentation était plus nutritive qu'on ne le pensait*, souligne Jürgen Hummel, de l'université de Bonn, qui a testé leur digestion *in vitro* avec des sucs gastriques de mouton. *En revanche, ils devaient passer des jours et des jours à digérer.* » Ce double système de « fast-food » et de « longue fermentation », qui aurait gagné en efficacité au fur et à mesure que les sauropaudes grossissaient, serait donc un facteur clé de leur gigantisme. La façon dont ces animaux déglutissaient reste en revanche un total mystère.



Reconstruction en 3D d'un « Brachiosaurus brancai » de 13,27 m de hauteur, dont le squelette est exposé au musée d'Histoire naturelle de Berlin. Les dernières estimations ont revu son poids à la baisse, en juin, par des biologistes, utilisant une méthode de mesure par laser. Un poids qui demeure honorable : 23 t.



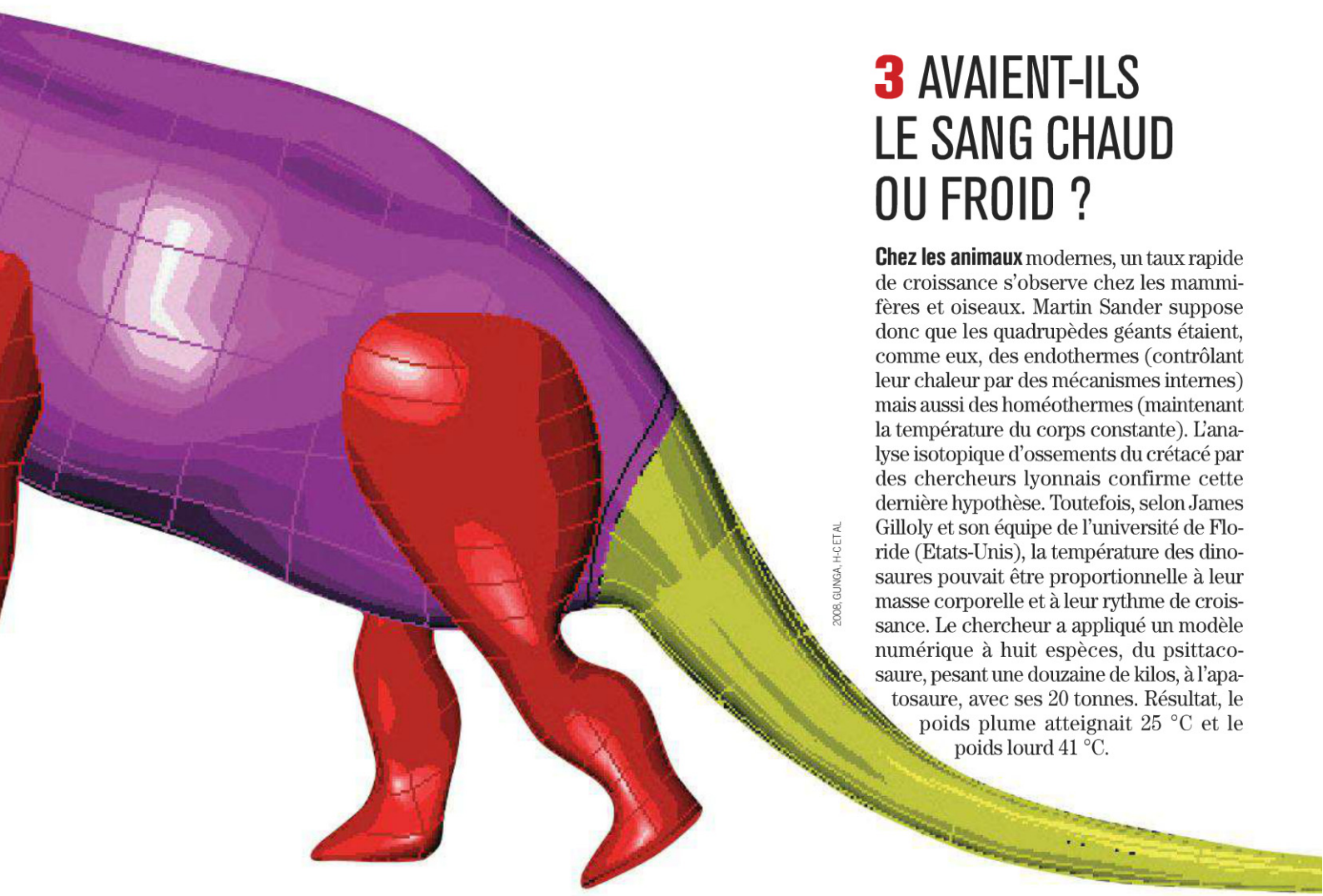


GERALD GRELLET - TINNERA

2 COMMENT SE REPRODUISAIENT-ILS ?

La tomographie par neutrons appliquée à cet œuf de titanosaure d'environ 9 cm de diamètre a révélé le squelette d'un embryon.

En principe, plus les animaux sont gros, moins leur descendance est nombreuse. « *C'est tout l'inverse avec les sauropodes géants*, explique Christine Janis, de l'université Brown, à Rhode Island (Etats-Unis), *on voit les dinosaures grandir au fil des époques, mais leur ponte ne s'est pas réduite pour autant…* » Ces animaux ont laissé des centaines de nids et d'œufs, parfois avec des embryons dedans. Leur couvée pouvait compter huit œufs, et la ponte était vraisemblablement renouvelée plusieurs fois dans l'année. « *Le déséquilibre entre la taille des sauropodes et celle de leurs œufs est frappant. Des œufs si petits, une couvée de 24 kg tout au plus, pour une mère pesant au minimum 5 tonnes. Elle devait en faire plusieurs dans l'année, sinon l'espèce aurait eu trop peu de succès reproducteur !* » explique la chercheuse. Un gros sauropode comme celui d'Angeac pondait des centaines d'œufs, contre une seule gestation tous les quatre ans pour un éléphant actuel. Aussitôt abandonnés, aucune trace de soins parentaux n'ayant été décelée chez les gros sauropodes. Dernier mystère, les femelles s'accroupissaient-elles pour pondre ou avaient-elles un oviducte pour descendre les œufs à terre ? Cette question restera sans réponse, tout comme celle de l'accouplement : les tissus mous ne se fossilisant que très rarement, on ignore tout des organes reproducteurs des géants.



2008, GLINGA, H-C ET AL

3 AVAIENT-ILS LE SANG CHAUD OU FROID ?

Chez les animaux modernes, un taux rapide de croissance s'observe chez les mammifères et oiseaux. Martin Sander suppose donc que les quadrupèdes géants étaient, comme eux, des endothermes (contrôlant leur chaleur par des mécanismes internes) mais aussi des homéothermes (maintenant la température du corps constante). L'analyse isotopique d'ossements du crétacé par des chercheurs lyonnais confirme cette dernière hypothèse. Toutefois, selon James Gilloly et son équipe de l'université de Floride (Etats-Unis), la température des dinosaures pouvait être proportionnelle à leur masse corporelle et à leur rythme de croissance. Le chercheur a appliqué un modèle numérique à huit espèces, du psittacosaure, pesant une douzaine de kilos, à l'apatosaure, avec ses 20 tonnes. Résultat, le poids plume atteignait 25 °C et le poids lourd 41 °C.

4 GRANDISSAIENT-ILS RAPIDEMENT ?

A la sortie de l'œuf, un petit sauropode ne pesait que quelques kilogrammes et mesurait tout au plus un mètre, du bout du museau à la queue. Adulte, il pouvait atteindre 40 m et peser plusieurs dizaines de tonnes. En combien de temps s'effectuait ce gain de taille colossal ? L'analyse histologique des ossements révèle que les dinosaures avaient une vitesse de croissance rapide – plus proche de celles des mammifères et des oiseaux que de celle des reptiles – avec des poussées phénoménales à l'adolescence. Comme les arbres, leurs os portent en effet des marques de croissance annuelles, qui peuvent être utilisées pour reconstituer l'âge de l'animal, sa courbe de poids et de taille. Résultat ? « *Le rythme de croissance variait selon les espèces, et plus le dinosaure était de grande taille, plus il grandissait vite* », explique Kristi Curry Rogers, de l'université du Minnesota (Etats-Unis). Le *Mamenchisaurus* pouvait gagner deux tonnes par an, contre 200 kg pour l'éléphant, selon Martin Sander.

Pour Kristi Curry Rogers, les plus grands sauropodes se développaient à un rythme maximal d'environ 56 kg par jour, rythme qui approche celui de la baleine bleue actuelle avec ses 66 kg quotidiens. La maturité sexuelle intervenait dans la deuxième décennie chez les plus gros spécimens. Mais rien n'égale la crise de croissance à l'adolescence établie chez les carnivores tyrannosauridés, selon Gregory M. Erikson, de l'université de Floride (Etats-Unis) : chez les espèces les plus légères, le jeune prenait 500 g par jour entre 15 et 19 ans. De son côté le *T. rex*, poids lourd de la « famille », grossissait quotidiennement de 2,5 kg entre 14 et 18 ans, si bien qu'il acquérait en quatre ans près de 70 % de sa masse corporelle définitive.

2006, GREGORY M. ERICKSON

Comme les arbres, les dinosaures portent des marques de croissance. ici un « T. rex ».

5 VIVAIENT-ILS CENTENAIRES ?

S'ils avaient eu, ainsi qu'on l'a longtemps supposé, une croissance lente comme celle des reptiles actuels, les géants auraient battu des records de longévité : il leur aurait fallu soixante ans pour atteindre la maturité sexuelle et un siècle au moins pour développer de telles tailles. En fait, en comparant leur rythme de développement corporel à celui des vertébrés actuels ou éteints, Kristi Rogers, de l'université du Minnesota, estime que « *seuls les plus colossaux d'entre eux dépassaient la cinquantaine, les tyrannosaures atteignant tout juste la trentaine* ».

6 PAR QUEL MOYEN ÉVITAIENT-ILS LA SURCHAUFFE ?

Les gros animaux endothermes conservent leur chaleur plus facilement, d'où un problème potentiel de surchauffe. C'est pourquoi l'éléphant a de grandes oreilles, qu'il déploie pour évacuer la chaleur. Certaines plaques osseuses richement irriguées, retrouvées sur le dos des stégosaures ou des titanosaures, auraient-elles pu jouer un rôle similaire pour les géants ? Quoi qu'il en soit, « *le cou immense des sauropodes augmentait leur surface corporelle et donc la déperdition calorique* », explique Matthew Wedel, du musée d'Histoire naturelle d'Oklahoma, aux Etats-Unis. Il imagine par ailleurs que lors des journées très chaudes, « *l'animal haletait, à la manière des émeus actuels, pour réguler sa température* ».

Les poumons de cet oiseau, recrachant de l'eau qui se vaporise, fonctionnent comme des évaporateurs de réfrigérateur. « *Les poumons à deux chambres de ces dinosaures étaient aussi "super-efficients"* », explique Steven F. Perry, biologiste de la respiration à l'université de Bonn. *Ils permettaient d'absorber de l'oxygène au moment de l'inspiration mais aussi de l'expiration, ce qui portait leur capacité à extraire l'oxygène de l'air à 35 % contre 20 % pour les humains.* »

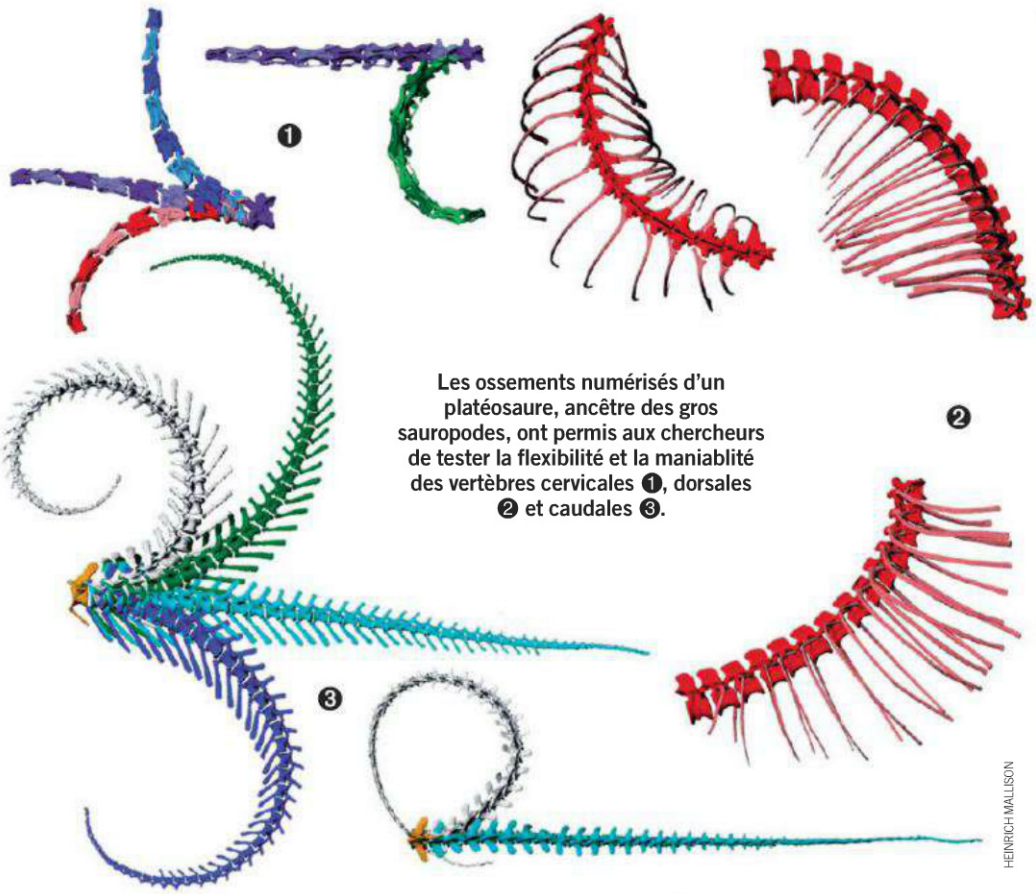
A l'instar des oiseaux, les cavités vertébrales des sauropodes logeaient donc des sacs d'air connectés aux poumons par des canaux d'air. Le corps des grands animaux en aurait été aussi parsemé.

Les géants s'exposent grandeur nature au Muséum

L'exposition « Dinosaure. La vie en grand », dont *Sciences et avenir* est partenaire, s'installe dans la Grande Galerie de l'évolution au Muséum. Adaptée de l'exposition new-yorkaise Wolrd's Largest Dinosaurs, elle permettra de découvrir les plus gros spécimens de tous les temps. La vedette : un *Mamenchisaurus* de 18 m de long reconstitué en taille réelle et en écorché. Résultat ? La possibilité d'observer ses organes internes aux capacités démesurées : le cœur de ce sauropode asiatique pompait environ 600 litres de sang par minute (100 fois plus que nous) et son système respiratoire lui permettait d'inhaler 82 litres d'air à chaque inspiration. Encore plus gros : l'*Argentinosaurus*, un sauropode d'Amérique du Sud qui mesurait jusqu'à 42 m long pour un poids pouvant atteindre 190 tonnes ! Sans doute l'un des plus grands au monde, avec celui d'Angeac *(lire p. 58)*. Une partie de l'exposition est justement consacrée à ce chantier de fouilles près d'Angoulême. **Rémi Canali**

Dinosaure. La vie en grand, Grande Galerie de l'évolution, 57, rue Cuvier, Paris, du 24 octobre au 13 mai 2013. Rens. : 01.40.73.30.00. http://2doc.net/xfmuh

50 invitations pour deux personnes à gagner en téléphonant au 01.40.26.86.11. Offre limitée aux 50 premiers appels.



Les ossements numérisés d'un platéosaure, ancêtre des gros sauropodes, ont permis aux chercheurs de tester la flexibilité et la maniablité des vertèbres cervicales ❶, dorsales ❷ et caudales ❸.

HEINRICH MALLISON

7 COMMENT ONT-ILS PU DÉVELOPPER DES COUS DÉMESURÉS ?

Les très longs cous des sauropodes – 17 vertèbres*, 11 mètres de long chez *Mamenchisaurus* ! – leur permettaient d'atteindre les cimes de conifères. Très mobiles, selon les dernières études de biomécanique menées de 2002 à 2011, ils leur permettaient de « ratisser » de long en large et de haut en bas un immense espace d'alimentation, sans même avoir à mouvoir leur énorme corps. L'absence de mastication – qui nécessite un lourd appareillage de muscles et d'os – aurait permis aux têtes de sauropodes de rester minuscules et au cou de s'allonger, en augmentant le nombre ou la taille des vertèbres (jusqu'à 75 cm !). La longue nuque « *aurait été de construction légère car parsemée de sacs aériens, comme chez les oiseaux* », détaille Matt Wedell, de l'université de Californie, qui a comparé la pneumatisation des os chez les sauropodes et les volatiles en 2005. Daniela Schwartz, du muséum de Berlin, a utilisé la tomographie par rayons X pour quantifier l'important rôle biomécanique joué par les cavités aériennes dans l'allégement de certains sauropodes : le gain de poids obtenu pour le cou est estimé à 25 % chez le brachiosaure.

Cependant, un long cou chez le jeune dinosaure est un point faible face à un prédateur. Enfin, qui dit petite tête dit petit cerveau… Les sauropodes avaient le plus faible taux d'« encéphalisation » des dinosaures.

* Chez les mammifères, le nombre de vertèbres cervicales reste de sept quelle que soit la longueur du cou de l'animal, homme ou girafe.

F. LUERNEG, UNIVERSITÉ DE BONN

Martin Sander, de l'université de Bonn, enquête sur le mystère du gigantisme chez les sauropodes.

Pour en savoir plus

Histoire des dinosaures, Ronan Allain, collection « Tempus », Perrin, 21 €.

Mimo, sur la trace des dinos, Pierre Mazan, Isabelle Dethan, Ronan Allain et Jean-François Tournepiche, Eidola, 68 p.,10 €.

T. rex – Tyrannosaurus et les mondes perdus, Jean Le Lœuff, éditions du Sauropode, 218 p., 18 €.

Biology of the Sauropods Dinosaures, Understanding the Life of Giants, Nicole Kelien, Kristian Remes, Carole T. Gee et Martin Sander. Indian, University Press, 2011. 80 € environ.

« Biology of the Sauropod Dinosaurs : the Evolution of Gigantism », numéro special de *Biological Review*, (2011) : http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-185X.2010.00137.x/pdf

Le blog de Darren Naish, paléontologue des vertébrés et écrivain scientifique (en anglais) :
• http://blogs.scientificamerican.com/tetrapod-zoology/2012/01/09/second-workshop-on-sauropod-biology-part-ii/
• http://blogs.scientificamerican.com/tetrapod-zoology/2011/12/19/second-workshop-on-sauropod-biology-pt-i/

Conférence de Phil Manning sur les momies de dinosaures, embryons, cœurs, etc. (en anglais) : http://keentalks.com/grave-secrets-of-dinosaurs/

Voir les dinosaures en France

www.sciencesetavenir.fr
Retrouvez sur notre site la carte de France des dinosaures avec la liste des 11 musées français où l'on peut admirer des fossiles ou des reconstitutions grandeur nature. Deux sites de fouilles sont également ouverts au public avec organisation régulière de visites commentées par les paléontologues eux-mêmes. Cinq sites conservant des traces de pas sont également accessibles. Parmi eux :

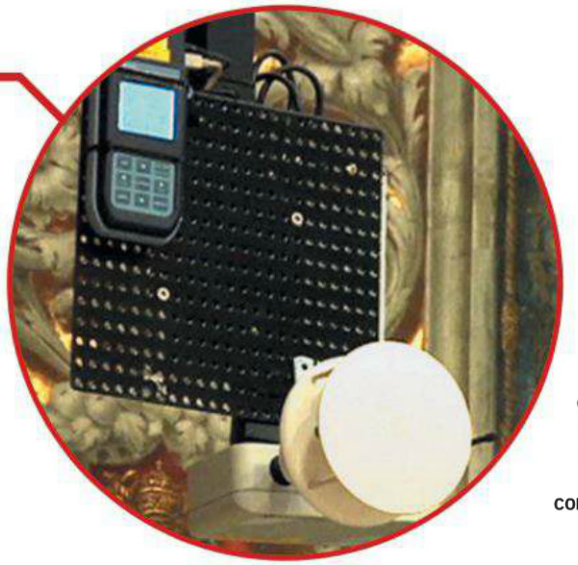
Dinoplagne. Le site de Plagne est la piste d'empreintes de dinosaure la plus longue au monde avec ses 155 mètres et ses 115 empreintes de pas de sauropodes *(lire p 60)*. En parallèle, une seconde piste, plus petite, tracée par des théropodes. Plagne (Ain). Rens. : 04.50.48.48.68 et www.dinoplagne.com

Musée d'Angoulême et site d'Angeac-Charente. Les découvertes des fouilles d'Angeac y sont exposées, notamment le moulage d'un fémur de sauropode géant *(lire p. 56)*. Le site est d'ailleurs visitable l'été sur réservation, durant les campagnes de fouilles. Lieu de découverte d'un des plus grands sauropodes connus à ce jour, le site sera présenté lors de l'exposition parisienne. Une page Facebook est dédiée à ces fouilles : http://2doc.net/7isrj Musée d'Angoulême (Charente), 1, rue de Friedland. Rens. : 05.45.95.79.88 ; www.angouleme.fr/museeba

Sixtine : chefs-d'œuvre sous haute surveillance

La célèbre voûte peinte par Michel-Ange il y a tout juste 500 ans est menacée par l'afflux des visiteurs. Des capteurs ont été posés alors que des analyses viennent de détecter des premières atteintes sur des fresques. Reportage avec les conservateurs.

Voilà maintenant de longues minutes que nous arpentons d'interminables galeries. Nos pas pressés résonnent sur le pavement. *« Nous allons bientôt accéder à la chapelle »*, me lance enfin Vittoria Cimino, l'élégante responsable du Bureau du conservateur des musées du Vatican qui me précède dans cette déambulation matinale. Un responsable médias ferme la marche, me donnant l'impression d'être sous haute surveillance. Pas question de me laisser circuler seule dans l'impressionnante enceinte du Vatican, pas question non plus de me laisser prendre la moindre photo. Ici, tout visiteur est scrupuleusement encadré, d'autant que l'objet de ma venue n'est pas sans inquiéter les responsables du site. *L'Osservatore Romano*, le quotidien officiel du Vatican, s'est en effet fait l'écho en début d'année *(lire* S. et A. *n° 779, janvier 2012)* de la mise en place très discrète d'une surveillance par capteurs de l'atmosphère de la Sixtine. Une présence si furtive que le pape Benoît XVI a procédé à une célébration en janvier dans la chapelle sans rien remarquer de ce dispositif qui a pourtant



Le dispositif de surveillance est constitué d'une batterie de capteurs ultrasensibles *(ci-contre)*. Disposés à 5, 10 et 15 m de hauteur le long de six perches suspendues dans la chapelle, ils ont enregistré durant un an les différents composants de son atmosphère.

MUSEI VATICANI EURONEWS TOUS DROITS RÉSERVÉS

FOTO © MUSEI VATICANI

fonctionné pendant près d'un an, du printemps 2011 à janvier dernier. Quels en ont été les résultats ? Serait-il possible que la Sixtine connaisse ses premières dégradations dues à la pollution ? Autant de questions qui motivent la fébrilité de mes interlocuteurs au moment même où la chapelle s'apprête à célébrer les 500 ans de son achèvement. C'est en effet le 30 octobre 1512 que Michel-Ange, alors âgé de 37 ans, posait enfin ses pinceaux et descendait de son gigantesque échafaudage après avoir passé quatre années à décorer la voûte, quasi seul, à 21 mètres du sol *(lire l'encadré p. 68)*.

Au détour d'un étroit couloir, j'aperçois une première caméra de surveillance, filmant le passage de notre petite troupe. *« C'est l'une des caméras thermiques installées près des accès de la chapelle Sixtine*, explique la spécialiste qui ralentit soudain l'allure. *Des capteurs associés à un système de comptage nous permettent de connaître à tout moment le nombre de personnes présentes dans les lieux, ainsi que les taux de variations de température et d'humidité de l'air. »*

L'exiguïté du corridor traversé interpelle : est-il possible que les visiteurs pénètrent quotidiennement dans la chapelle par un tel goulet d'étranglement ? *« Ils empruntent un autre circuit, mais la dimension des accès est toute aussi restreinte »*, concède la jeune femme, qui reconnaît que ces coursives étriquées font constamment redouter l'accident, en particulier le risque d'étouffement lors d'un mouvement de foule. Passage obligé, des milliers de personnes s'y engouffrent pourtant chaque jour pour venir admirer d'innombrables chefs-d'œuvre : *« 20 000 personnes se pressent quotidiennement dans ce lieu avec des pointes pouvant atteindre 27 000. Nous recevons cinq millions de visiteurs annuels*, explique Vittoria Cimino. *C'est notre principal souci, car nous sommes otages des lieux. Quoi que nous souhaitions faire pour améliorer l'accès aux salles de ce palais pontifical du XVe siècle, il est impossible de repousser le moindre mur. Tenter de déplacer une cloison de quelques centimètres, c'est détruire une galerie située juste derrière ou bien des murs couverts de fresques. D'où nos difficultés à trouver des solutions pour la gestion des flux de visiteurs. »*

Il est 8 h 30. Nous pénétrons enfin dans la chapelle Sixtine maintenue volontairement dans la pénombre. Tous les éclairages ont en effet été retirés en prévision de l'installation prochaine de LED, moins agressives pour les peintures. Déjà, un léger brouhaha s'élève des premiers contingents de touristes fraîchement débarqués. Mon œil se perd à vouloir embrasser d'un coup les 2500 mètres carrés de fresques qui s'offrent à lui : celles de la voûte et du récit de la Genèse, celles du mur de l'autel et du *Jugement dernier* de Michel-Ange, les portraits des premiers papes, réalisés par Sandro Botticelli (1445-1510), Cosimo Rosselli (1439-1507), le Pérugin (1448-1523), Luca Signorelli (1445-1523) ou Domenico Ghirlandaio (1449-1494)… Mais Vittoria Cimino attire soudain mon attention vers le sol où s'ouvrent deux grilles d'aération de 1,20 m sur 40 cm que personne ne remarque. Elles sont reliées à des conduites qui courent habilement sous le pavement en marbre polychrome. *« Lors de la mise en place du dispositif de surveillance, nous avons disposé des capteurs ultrasensibles à différentes hauteurs (5 mètres, 10 mètres, etc.), le long de six perches mobiles suspendues à l'intérieur des 10 000 m³ de la chapelle*, précise alors le professeur Ulderico Santamaria, directeur des laboratoires scientifiques du Vatican. *Les tiges métalliques sur lesquelles ils étaient suspendus ont ensuite été positionnées le long des parois, de part et d'autre de la salle. Trois d'un côté, et trois de l'autre. Ces capteurs ont enregistré, de jour comme de nuit, tout ce qui survenait dans la chapelle. Nous avons pu déterminer que nos difficultés proviennent du système de climatisation. »* Conçu en 1993, à une époque où les visiteurs n'étaient qu'un million par an, il n'est plus adapté à la redoutable affluence actuelle. *« L'air s'est révélé beaucoup plus pollué que nous l'imaginions*, poursuit l'expert. *Nous avons ainsi relevé que le dioxyde de carbone (CO_2), c'est-à-dire le gaz carbonique émis par les visiteurs, n'était pas aspiré par les grilles au sol comme nous l'imaginions, mais montait vers la coupole. »* L'air pollué chargé de particules (poussière, fibres, etc.) s'élève ainsi jusqu'à 15 mètres, et les niveaux de gaz carbonique enregistrés à cette hauteur demeurent très élevés. Avec l'aide d'ingénieurs de la société américaine Carrier, l'un des leaders mondiaux de la ventilation, les experts ont également mis en évidence que de l'air extérieur s'infiltre dans la salle par le biais des fenêtres distribuant la lumière naturelle et descend vers le sol en léchant les façades peintes, avant de s'élever vers la voûte, porté par la chaleur. *« Sans les dizaines de milliers de données transmises par ces capteurs, nous n'aurions pas compris les mécanismes à l'œuvre. »*

Ces nuisances ont-elles eu un impact sur les fresques de la Genèse que Michel-Ange mis quatre ans à peindre à la demande du pape Jules II ? Vittoria Cimino s'empresse de rassurer : *« Nos multiples contrôles ont confirmé que l'état de la voûte était absolument parfait ! »* Pourtant, revenu dans son laboratoire situé dans les étages des musées du Vatican, Ulderico Santamaria reconnaît que des réactions chimiques ont bien été observées en quelques endroits. Non sur la voûte, assure-t-il, où se situent les chefs-d'œuvre du maître italien, mais sur des murs de la chapelle. A l'appui, l'expert me présente un document photographique exceptionnel sur lequel on aperçoit nettement des zones de blanchiment à la surface de certaines peintures. Sous l'action du CO_2, de l'humidité et des poussières, des affleurements de carbonate de calcium ont fait leur apparition. Un document que le Vatican refuse de rendre ●●●

REPÈRES

1481 : commande des décors de la Sixtine par le pape Sixte IV.

1512 : achèvement par Michel-Ange des fresques de la voûte demandée par le pape Jules II.

1536-1541 : réalisation du *Jugement dernier*, sous Paul III Farnèse.

1980-1993 : restaurations de la chapelle Sixtine.

2011-2012 : découverte des premières « taches blanches » sur les peintures situées sur les murs de l'autel.

30 OCTOBRE 2012 : 500e anniversaire de l'achèvement des fresques de la voûte de la chapelle.

●●● public. Ulderico Santamaria ne précise d'ailleurs ni la quantité ni les emplacements des atteintes, préférant insister sur leur caractère exceptionnel. A l'instar de Vittoria Cimino, qui s'efforce de rassurer. *« Pour l'instant, la situation est tout à fait sous contrôle. Et les œuvres de Michel-Ange ne risquent rien : le maître a peint le* Jugement dernier *sur un plan légèrement incliné, de sorte que la poussière ne s'y déposera jamais. C'est cela aussi son génie. »*

Pourtant, il y a urgence. Afin de réduire la quantité de poussière apportée de l'extérieur, les experts n'ont désormais d'autres choix que de mettre en place des systèmes de purification de l'atmosphère. L'heure en est encore aux hypothèses. *« Nous devons travailler sur deux pistes. Comprendre si ces altérations sont liées aux actuelles conditions environnementales, ou si elles résultent de transformations de certains produits utilisés lors de la restauration des fresques il y a vingt ans* [lire l'encadré ci-dessous]. *Ces produits n'ont pas une durée de vie illimitée et peuvent avoir commencé à se dégrader »*, explique Vittoria Cimino, pour qui une solution pourrait être d'installer un système d'air conditionné le long des voies d'accès des visiteurs. Il permettrait d'absorber une grande partie des particules transportées dans les vêtements et les chaussures.

Aucun budget précis n'a encore été attribué à ce programme, et les dates de sa mise en application ne sont pas connues. Une seule mesure concrète a été décidée : l'installation permanente dans les semaines qui viennent d'un petit robot bardé de capteurs au cœur de la chapelle. Construit en collaboration avec l'Enea, l'Agence nationale pour les nouvelles technologies et l'énergie, équivalent italien du CEA, *« Il sera notre œil, un de nos "anges cachés". Nous pourrons ainsi accéder à toutes les données physico-chimiques en temps réel »*, annonce Ulderico Santamaria, qui vient d'être nommé membre du Comité scientifique créé pour la surveillance de la Sixtine, et dont font partie le directeur Antonio Paolucci et les professeurs Paolo Matteini et Alessandro Andreoli, de l'International Federation of Automatic Control (IFAC) de Bologne. *« Nous voici désormais engagés dans un important programme de conservation préventive. Avec une exigence : tous les trésors du Saint-Siège, y compris ceux de la chapelle Sixtine, doivent continuer à être accessibles à tous. Car chacun, ici, n'est pas considéré comme un visiteur mais comme un pèlerin »*, assure Vittoria Cimino.

Bernadette Arnaud, envoyée spéciale au Vatican

FOTO © MUSEI VATICANI

Dépoussiérage du « Jugement dernier » en 2011. Les quelque 5 millions de visiteurs annuels entraînent l'accumulation de particules néfastes aux fresques de la chapelle.

Treize années de restauration ont ravivé couleurs et polémiques

Après treize ans de travaux, une messe solennelle clôturait la restauration des fresques de la chapelle Sixtine le 8 avril 1994. Cinq siècles de suie et de crasse étaient enfin retirés de la voûte et des murs de l'autel afin d'exposer dans toute leur splendeur des épisodes de la *Genèse* parmi lesquels *La Création d'Adam, Le Déluge universel, Le Péché originel,* ou encore les scènes du *Jugement dernier.* Autant d'œuvres magistrales réalisées entre le XVe et le XVIe siècle par le peintre et sculpteur florentin Michelangelo Buonarroti dit, en français, Michel-Ange. Minutieusement, les équipes des musées du Vatican s'étaient attelées à cette immense tâche, restaurant un à un médaillon, voutins et pendentifs, révélant des détails et couleurs ignorés jusque-là. Mais cette restauration a très vite tourné à la polémique, certains experts s'interrogeant sur le bien-fondé d'une telle entreprise et sur les couleurs ainsi obtenues. Les bleus étaient trop bleus, les roses, trop roses… *« Au départ, toutes les peintures étaient si sombres que des générations d'historiens de l'art pensaient que Michel-Ange n'était pas un maître de la couleur,* se souvient Vittoria Cimino, responsable du Bureau du conservateur des musées du Vatican. *Or, leur éclat d'origine retrouvé, la Sixtine a livré une véritable explosion de couleurs. »* En outre, la chapelle n'a cessé de connaître de multiples modifications au cours des siècles. *« Ceux qui s'opposaient à l'époque aux restaurations avaient oublié que d'autres interventions avaient été effectuées au cours des XVIIe et XVIIIe siècles ainsi qu'au début du XXe siècle. Michel-Ange lui-même était intervenu sur des œuvres précédentes. Il avait éliminé en particulier une* Assomption de la Vierge *du Pérugin, pour mieux réaliser ses propres œuvres »*, enchaîne l'historienne de l'art. Depuis les années 2000, les autorités vaticanes sont donc entrées dans une nouvelle phase de réflexion. L'heure des grandes restaurations semble être révolue. *« Chaque intervention pouvant engendrer des problèmes imprévus avec l'intrusion de nouveaux matériaux et produits, nous préférons désormais nous concentrer sur la conservation préventive »*, insiste Vittoria Cimino.

Pour en savoir plus

La Chapelle Sixtine, Antonio Paolucci, Edizioni Musei Vaticani, 2010.
Michel-Ange, Jack Lang et Colin Lemoine, Fayard, 2012.

la Novela

4ème édition

> fête connaissance !

> Toulouse

La quatrième édition de la Novela, tenue à Toulouse du 5 au 21 octobre, a été un succès !

Près de 100 000 personnes ont participé à la Novela, soit le cinquième de la population.

Succès dû à l'enthousiasme des chercheurs et des universitaires de toutes disciplines et de tous âges,

à la curiosité de la population toulousaine pour cette manière nouvelle de faire la fête,

à l'intervention remarquée de l'anthropologue et philosophe Bruno Latour et de son réseau européen.

La très grande variété de moyens utilisés pour mettre en relation les chercheurs et la population, pour faire dialoguer sciences et société, fait de Toulouse une ville unique en Europe !

Toulouse, ville de la connaissance, une réputation assise sur de solides fondements.

Licences d'entrepreneur de spectacles : n°2-1025107, n°3-1025105 - Création visuel : Légendes - Réalisation graphique : Studio Pastre - Impression Sérigraphie Carpentier

Retour en son et en images sur

> www.lanovela.fr

MAIRIE DE TOULOUSE

www.toulouse.fr

Gaz de schiste
la Pologne pionnière de l'exploration en Europe

Reportage dans le premier pays européen à avoir donné son feu vert à l'évaluation de ses ressources à grande échelle. L'opposition s'organise.

Soulagement pour Dorota Wojtowicz, agricultrice et représentante du village de Szalenik : les relations entre les 200 habitants de sa petite localité du sud-est de la Pologne, à cinq heures de route de la capitale Varsovie, et l'Entreprise publique d'extraction pétrolière et gazière de Pologne (PGNiG) sont enfin au beau fixe ! Seul objectif de l'édile désormais : tout faire pour que le calme perdure.

Les débuts ont pourtant été difficiles. Il faut dire que les engins de chantier sont arrivés sans prévenir, par un beau matin de septembre 2011, investissant les champs de betteraves sous les yeux interloqués de la population. Les rumeurs les plus folles ont alors couru, dont celle de l'installation d'une décharge illégale. Avant que chacun comprenne que les équipes de PGNiG débarquées sur place s'intéressaient en fait aux richesses du sous-sol pour y chercher du gaz de schiste.

Titulaire d'une concession officielle, l'entreprise avait discrètement racheté des champs à leur propriétaire, résidant à l'étranger, avant de lancer la construction d'un puits d'exploration pour vérifier l'importance du gisement supposé. *« Au début, nous étions tous très inquiets*, reconnaît Dorota Wojtowicz, quinquagénaire énergique que le maire de la communauté de villages n'avait pas pris soin d'informer du projet. *Nous sommes tous allés chercher des informations sur Internet et chacun y a lu des choses susceptibles d'alimenter ses peurs. Heureusement, je ne panique jamais avant de savoir réellement de quoi il retourne. »* Il a donc fallu attendre que PGNiG organise enfin des réunions d'information et une visite de la plate-forme de forage pour que la tension retombe.

Dressée au bout d'un chemin vicinal, à la sortie du village, la plate-forme est particulièrement visible la nuit lorsqu'elle est illuminée comme un *« vaisseau spatial »*, ainsi que l'appellent les habitants. Des exploitations environnantes, tous entendent en permanence le bruit des pompes de forage, comme si un réacteur était en marche 24 heures sur 24. La foreuse peut en effet creuser des puits jusqu'à 7000 mètres de profondeur – en l'occurrence 4000 mètres – pour atteindre le schiste, rechercher les poches de gaz, puis forer les galeries horizontales nécessaires à la fracturation hydraulique.

Cette technique consiste à injecter un fluide qui fracture les roches, permettant de connecter les pores contenant le gaz et finalement pomper ce dernier.

Un trésor empoisonné ?

Depuis que les Etats-Unis sont devenus exportateurs de gaz, grâce à l'exploitation des hydrocarbures « non conventionnels », tous les pays s'interrogent sur les ressources de leur sous-sol. De quelles quantités disposent-ils et comment les exploiter au moindre coût... et sans pollution ? Le 14 septembre, lors de la conférence environnementale qui s'est tenue à Paris, sept permis d'exploration ont été rejetés, alors que la France est considérée comme l'un des pays les plus prometteurs en gaz de schiste, avec jusqu'à 5000 milliards de m^3 exploitables.* En cause : la fracturation hydraulique *(lire* S. et A. *n° 778, février 2012)*, qui oppose ingénieurs favorables à l'exploitation et écologistes redoutant la pollution de l'eau et de l'environnement. En Europe, l'autre pays prometteur est la Pologne, où l'exploration a débuté. Comment se passe-t-elle concrètement ? Quelles sont les relations entre entreprises gazières, populations et gouvernement ? Pour mieux le savoir, *Sciences et Avenir* s'est rendu dans ces zones où les premiers forages ont eu lieu.

* www.developpement-durable.gouv.fr/IMG pdf/007612-01_et_007612-03_rapports.pdf

La plate-forme de forage de l'Entreprise publique d'extraction pétrolière et gazière de Pologne (PGNiG) à Szalenik, dans la région de Lublin, au sud-est du pays.

Chaque pompe à une puissance de 1200 kW et développe une pression équivalant à 350 fois la pression atmosphérique. Comme l'expliquent les opérateurs de la PGNiG, une fois que le forage a atteint la couche de schiste, on injecte du ciment pour stabiliser les parois et isoler les roches et le sol du fluide utilisé pour la fracturation ainsi que du gaz qui s'en échappe. Pour conduire l'exploitation, il faut effectuer une série de forages à partir de la plate-forme. Mobile, la tour se déplace grâce aux moteurs installés dans chaque pied. Une fois que le puits est rempli de gaz, toute l'instrumentation peut être envoyée sur un nouveau chantier. *« Cette visite a permis de rassurer tout le monde*, affirme aujourd'hui l'élue. *Les habitants font désormais confiance aux responsables du forage pour contrôler la situation. »* Même si, à vrai dire, tous les doutes ne sont pas levés, loin de là… *« D'après nos informations, si PGNiG commence à prélever trop d'eau dans la nappe phréatique pour alimenter la fracturation hydraulique, il pourra en manquer dans nos puits et dans ceux des exploitations agricoles environnantes… »*, concède-t-elle. Chaque opération de fracturation consomme en effet environ 15 000 m^3 d'eau, et il faut procéder à plusieurs opérations de ce genre après chaque forage. Ce seul chiffre est sans commune mesure avec la consommation annuelle du village et de ses environs (quelques dizaines de mètres cubes tout au plus par jour). Pourtant, la plupart des habitants sont prêts à prendre le risque. Au nom de la survie économique.

Le village de Szalenik est en effet situé au cœur de la région de Lublin, l'une des 16 régions administratives de Pologne, identifiée comme l'un des bassins les plus importants de ressources en gaz de schiste du pays. Cette région préservée, aux richesses environnementales reconnues, est l'une des plus pauvres du pays. Ici, non loin de la frontière avec l'Ukraine, le soleil se lève dix minutes plus tôt qu'à Varsovie, et les hivers y sont bien plus longs et plus rudes, même s'il s'agit du lieu le plus ensoleillé du pays (en moyenne 75 jours de soleil sans nuages par an).

La région recèle notamment les réserves d'eau souterraines les plus importantes de Pologne (dont plus de 3 millions de mètres cubes disponibles par jour – disponible signifiant ici renouvelable et n'altérant pas les réserves à long terme). De nombreux puits alimentent la région alors que la plupart des villes de Pologne puisent dans les fleuves et les rivières. Pendant des siècles, les autorités centrales successives ont perçu ces régions périphériques comme marginales, les laissant à l'écart du développement de l'industrie et oubliées des infrastructures routières.

SYLVIE DAOUDAL

Après la Seconde Guerre mondiale, les agriculteurs ●●●

A Szalenik, 24 heures sur 24, la foreuse de PGNiG creuse des puits jusqu'à -4000 m afin d'atteindre le schiste à la recherche de gaz. Il faut ensuite fracturer la roche pour pomper l'hydrocarbure. La consommation en eau d'une seule opération de fracturation dépasse très largement celle du village sur une année.

●●● ont été expropriés pour laisser place aux exploitations d'Etat qui étaient aussi peu rentables et mal administrées que le reste de l'économie planifiée. Les habitants de ces territoires en subissent encore les conséquences : lors du retour à l'économie de marché, ils n'ont pas tous eu les moyens d'acquérir des terres en complément du petit lopin auquel ils avaient droit auparavant. La surface moyenne ne dépassant pas quelques hectares, c'est largement insuffisant pour jouir de revenus suffisants.

Dans chaque famille, un membre au moins est parti à l'étranger chercher du travail. L'arrivée de PGNiG a fait naître un immense espoir. La population croise les doigts pour que les explorations tiennent leurs promesses et sonnent un nouveau départ. Même si, pour le moment, seule une petite entreprise de sécurité a embauché des salariés locaux. *« Deux habitants du village travaillent sur la plate-forme. Ce n'est pas beaucoup mais notre village est petit. Si trois ou quatre personnes y trouvaient un emploi, ça serait déjà pas mal ! »*, veut croire Dorota Wojtowicz.

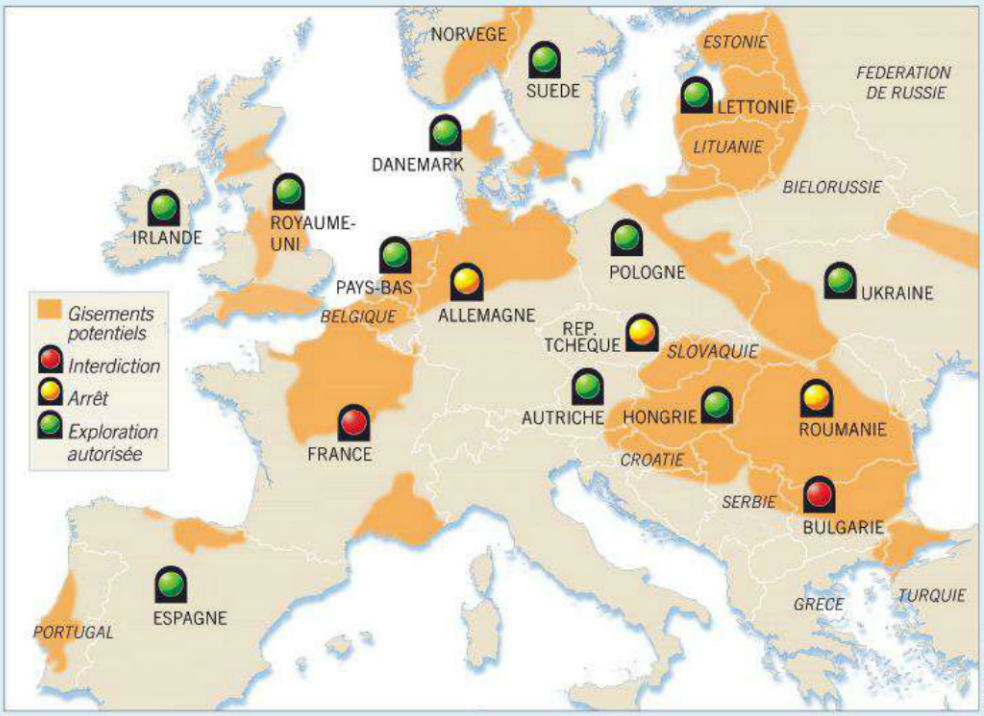
Situation bien différente à Zurawlów, à 60 kilomètres au sud, plus près encore de la frontière ukrainienne. Aucune plateforme de forage à l'horizon. Seul un terril témoigne encore de la volonté, avortée, d'en installer une. Les champs de céréales et de betteraves à sucre s'étendent à perte de vue et il n'est pas rare d'y apercevoir quelques biches. Ici, la multina-

tionale américaine Chevron a dû battre en retraite, en mars, vaincue par la résistance acharnée de la centaine d'habitants. Des banderoles témoignent encore de la virulence du combat. « *On ne veut pas de (chambre à) gaz chez nous !* » peut-on lire sur l'une d'entre elles, rappelant ainsi à la mémoire des Polonais le passé douloureux de la Seconde Guerre mondiale. « *Hier Tchernobyl, aujourd'hui Chevron !* » tempête une autre, faisant ainsi le rapprochement entre la catastrophe nucléaire ayant eu lieu non loin, en Ukraine, en 1986 et les dangers que ferait courir à la population l'exploitation du gaz de schiste.

Juché sur son tracteur, un agriculteur fauche son pré, suivi d'une cigogne pour laquelle cette herbe fraîchement coupée sonne l'heure d'un repas festif composé de petits rongeurs et d'insectes gras. Ici, les exploitants agricoles ont fait le choix de se lancer dans la culture de légumes biologiques et entendent bien préserver les richesses naturelles. « *C'est de la folie de commencer les recherches sur le gaz de schiste à une telle échelle dans tout le pays sans avoir vérifié au préalable quelles conséquences environnementales cela pourrait avoir*, s'emporte Barbara Siegienczuk, propriétaire d'une maison dans laquelle elle compte bien s'installer à la retraite avec son mari. *Il existe des endroits en Pologne où le sable domine et où la terre n'est pas fertile. C'est là qu'il faudrait commencer à chercher, pas chez nous qui misons sur l'agriculture !* »

C'est cette femme énergique qui, apprenant les projets de Chevron, a pris la tête du mouvement d'opposition et organisé une série de réunions avec les élus et les habitants d'autres villages. Emil Jabłonski, le représentant local de Zurawlów, se rappelle que les premiers contacts avec la multinationale, en novembre 2011, étaient pourtant bons. Des représentants de l'entreprise avaient pris la précaution de se ●●●

L'Europe, entre hésitation et attentisme



Les pays en italique n'ont pas pris de décision officielle (2 octobre 2012).

Alors que la Pologne fait figure de pionnier dans l'exploration des gaz de schiste sur le Vieux Continent, ailleurs en Europe, on attend et on hésite… L'Agence Internationale de l'énergie (AIE) propose dans son rapport « Règles d'or pour l'âge d'or du gaz »* quelques bonnes pratiques pour l'exploration et l'exploitation du gaz de schiste afin que la filière ne se heurte pas à un refus de la part du public : transparence, surveillance et suivi des risques pour l'environnement. Un enjeu de taille car, selon l'AIE, dès 2030, la consommation de gaz de schiste dépassera celle du charbon, fournissant le quart des besoins énergétiques, juste après le pétrole. Les règles d'or (traitement des eaux, augmentation des normes d'étanchéité des puits de forage) entraînent un surcoût de 7 % à assumer pour que « la révolution gazière en cours » puisse s'accomplir… Les incitations de l'AIE ne semblent pas suivies d'un grand effet dans les pays européens… excepté en Pologne.

La France – dont le potentiel en gaz de schiste est aussi important que la Pologne – a maintenu, en juillet, l'interdiction de la fracturation hydraulique, confirmée par le débat national sur l'énergie du 14 et 15 septembre souhaité par le président de la République, François Hollande, et la révision du code minier prévu d'ici la fin de l'année. Trois autres pays disposent – toujours selon le rapport de l'AIE – de réserves importantes : la Suède dont la couche de schiste située à 1200 m de profondeur est facilement accessible. Mais après une phase d'exploration, le pays a voté un moratoire pour suspendre la fracturation hydraulique. Quant à la Grande-Bretagne, les forages d'exploitation y ont été à l'origine de deux séismes de faible magnitude (2,3 et 1,5, les plus forts atteignant une magnitude de 9), d'où la décision de suspendre un temps, puis reprendre le recours à la fracturation hydraulique. Enfin, l'Allemagne qui a débuté la phase d'exploration dès 2009 avec six forages déjà effectués, a tout stoppé en attendant les résultats d'une étude sur les impacts de la fracturation hydraulique. A l'Est, tandis que la Bulgarie a interdit celle-ci, la Hongrie a accordé plusieurs permis d'exploration et espère aboutir à l'exploitation de ces ressources. La Roumanie a gelé la poursuite de l'exploration suite à une contestation des citoyens. L'enjeu pour ces pays est leur indépendance énergétique essentiellement par rapport au géant russe Gazprom. En attendant, l'Europe, avec ses 35 000 milliards de m^3 de réserves, regarde du côté de la Chine, qui, avec ses 31 000 milliards, prévoit une exploitation à l'horizon 2014. Mais là aussi, l'Amérique est loin devant : l'exploitation du gaz de schiste a abaissé le prix du mètre cube de gaz naturel à un tiers du prix du gaz européen, même si le coût pour l'environnement n'est pas intégré à ce tarif. **Azar Khalatbari**

* 30 mai 2012, www.worldenergyoutlook.org/media/weowebsite/goldenrules/weo2012GoldenRulesReport.pdf

INTERVIEW **PRZEMYSLAW KARCZ** Géologue à l'Institut national de géologie (PIG) polonais

DR

« Des sédiments optimaux pour l'exploitation »

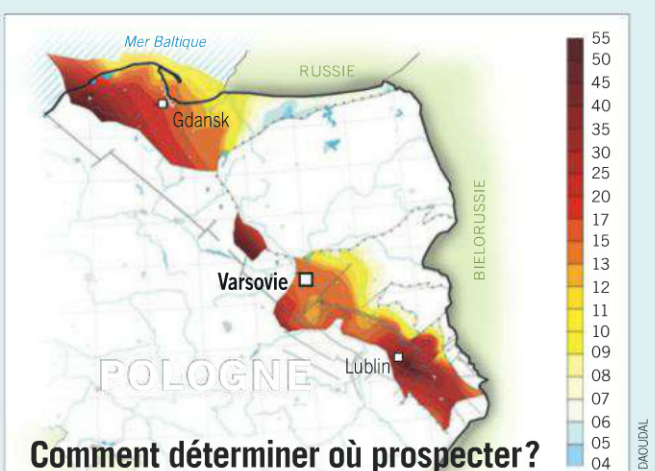
Est-on sûr que la Pologne recèle des réserves de gaz de schiste exploitables ?
Nous ne pouvons pas encore parler de gisements avérés. Nous n'en sommes qu'à la phase exploratoire. Ce que nous savons, c'est que le sous-sol recèle des schistes.

Pourquoi en trouve-t-on en Pologne ?
Les schistes datent des temps les plus anciens du paléozoïque, cette période qui a duré de -545 à -245 millions d'années*. Ce sont des roches qui se sont formées au fond des mers, à partir de la matière organique du plancton qui s'y est déposée. Or, le territoire qui compose la Pologne actuelle se trouvait sous une mer peu profonde, au sud-ouest d'un plateau continental appelé Baltique. Cette région se trouvait à des latitudes élevées de l'hémisphère Sud et se déplaçait progressivement vers la zone tropicale. Les schistes qui se sont formés durant les périodes de l'ordovicien (de -500 à -435 millions d'années*) et du silurien (de -435 à -408 millions d'années*) sont les plus prometteurs.

Pour quelle raison ?
Les couches sédimentaires se sont accumulées au cours des temps géologiques et, sous l'effet des contraintes tectoniques, ont subi des enfouissements dans la croûte terrestre jusqu'à -7000 mètres. En Pologne, elles se situent entre -1000 et -4000 mètres. Les conditions de température et de pression que les sédiments ont alors subies les ont rendus optimaux pour l'exploration gazière.

Propos recueillis par U. R.

* Source : www.mnhn.fr/mnhn/geo/paleozoique.htm



Comment déterminer où prospecter ?

Les couleurs rouge à rouge foncé montrent les zones où pourrait s'être formé du gaz de schiste de qualité exploitable.
L'éventail de couleurs (du jaune au rouge) donne une indication indirecte de la température à laquelle les sédiments ont été soumis après avoir été enfouis lors des mouvements tectoniques, température qui a conditionné la formation du gaz. Cette indication est donnée par une mesure très particulière, « la réflectance de la vitrinite » (indiquée en pourcentage), réflexion partielle de certaines ondes (utilisées pour sonder la croûte terrestre) sur un matériau contenu dans le schiste.

SOURCE : RAPPORT PIG, MARS 2012 - SCHÉMA : SYLVIE DAOUDAL

●●● rendre au village avant de donner un premier coup de pelle, pour présenter leur projet et proposer une visite d'une plate-forme de forage voisine située à 25 km. *« Mais nous nous sommes vite rendu compte que leurs experts avaient des réponses stéréotypées à nos questions »*, se souvient l'édile, quadragénaire athlétique qui est aussi l'un des plus riches agriculteurs du village.
La situation s'est brusquement dégradée lorsque les habitants ont invité à débattre des défenseurs de l'environnement, ainsi que des représentants des médias locaux. Une initiative mal perçue par les experts de la multinationale, également présents. *« Le climat est vite devenu détestable. Au point que personne n'a voulu goûter au buffet de peur de se faire empoisonner ! »* raconte-t-il. Pourtant, aujourd'hui encore, la porte-parole de Chevron en Pologne, Grayna Bukowska, continue de vanter la sûreté des forages. *« Il y a une quinzaine de couches de revêtement d'acier et de ciment qui garantissent une séparation continue entre le forage et la nappe aquifère. Aucune contamination n'est possible »*, explique-t-elle.
Un discours rassurant que tient également, à l'échelle du pays, le ministère de l'Environnement, le plus richement doté du gouvernement, qui a rendu public au mois de novembre 2011 un rapport (« Etude de l'environnement après fracturation hydraulique dans la zone de Lublin »*) réalisé pour son compte par l'Institut géologique national. *« Les résultats de cette étude très fine sur le premier forage horizontal avec fracturation hydraulique – une première à l'échelle européenne – n'ont démontré aucun effet néfaste pour l'environnement*, peut-on y lire. *Le seul inconvénient relevé est celui des nuisances sonores. Mais aucune pollution des eaux souterraines et de surface n'a été constatée, pas plus qu'une contamination des sols ou de l'air. On n'a pas relevé non plus de secousses sensibles pendant la fracturation. »* De plus, toujours selon le ministère, *« tous les projets doivent passer par une évaluation minutieuse de leurs effets sur l'environnement et cette évaluation est faite en partie par les communautés locales car ces décisions sont prises par les maires. Ces décisions administratives sont rendues publiques et chaque citoyen y a accès »*. Quant aux entreprises, le gouvernement affirme qu'elles risquent des peines importantes en cas de non-respect de la législation. En vertu de la règle du « pollueur-payeur », ce sont elles qui supporteraient les réparations financières d'un éventuel préjudice.
L'opposition des habitants de Zurawlów serait donc une exception, pour Grazyna Bukowska, dans un pays où 90 % des localités concernées soutiendraient les investissements des 40 grandes compagnies pétrolières présentes. Il faut dire qu'aucune ne lésine sur les moyens pour convaincre. *« Chaque forage est synonyme d'emplois locaux créés, entre cinq et dix en fonction du site »*, assure la jeune femme. Dans l'une de ces communes, Chevron aurait en outre rénové la maison de la culture, dans telle autre acheté des ordinateurs et des équipements sportifs pour l'école. Elle veut croire que les habitants de Zurawlów changeront finalement d'avis : *« Notre retrait du village n'est pas définitif*, poursuit-elle. *Nous laissons la porte ouverte à une discussion transparente et directe avec chacun. »*
Une affirmation qui fait bondir Andrzej Bak, un cheminot de Zurawlów qui brandit un lourd classeur rempli à craquer : *« Leur retrait est sans appel !* lance-t-il. *Voici tous les documents que nous avons rassemblés pour prouver que Chevron a agi sur place en toute illégalité. Les engins de forage sont entrés en action au mois de mars, soit pendant la période où certaines espèces d'oiseaux rares sont protégées. Nous avons fait intervenir la police pour arrêter le chantier. De plus, nous avons pu prouver que les autorisa-*

Andrzej Bak est l'un des habitants de Zuralów qui se sont opposés au forage d'Exxon dans la localité. La multinationale américaine s'est vu retirer l'autorisation de l'exploitation du lieu en mars.

tions locales qui avaient été accordées à la multinationale n'étaient pas valides. L'autorisation a été annulée. »

Une plainte pour « *mise en danger de la vie d'autrui* », déposée par les habitants de Zurawlów, est en cours d'examen par la justice. « *La législation en vigueur ne protège pas assez les populations contre les agissements des compagnies pétrolières*, renchérit Barbara Siegienczuk. *Les gens ne sont pas assez informés. En outre, pendant les discussions avec Chevron, nous avons suggéré qu'un fonds soit créé pour parer à d'éventuelles indemnités en cas d'imprévu, et qu'une partie infime des bénéfices sur la vente du gaz y soit versée. On nous a répondu qu'aucun imprévu n'était envisageable et que ce fonds n'avait donc pas lieu d'être.* »

L'opposition serait-elle en train de gagner du terrain dans la région de Lublin ? Chevron a dû renoncer également à investir le village de Rogów, situé à 2 km à peine de Zurawlów. Officiellement pour des raisons de trop grande proximité du chantier avec les maisons, officieusement en raison du rejet du projet par les habitants. Difficile de généraliser dans un pays où l'exploitation du gaz de schiste est majoritairement perçue comme une opportunité économique à ne laisser passer sous aucun prétexte. Pour l'heure, Dorota Wojtowicz, la représentante administrative du village de Szalenik qui a choisi de faire confiance à l'entreprise nationale PGNiG, reste sereine : « *Si les gens s'opposent aux projets d'exploration, c'est sans doute qu'ils ont de bonnes raisons. Peut-être avons-nous tort d'être aussi peu méfiants. Pour l'instant, nous attendons de voir.* » Mais l'élue sait que la confiance de la population en PGNiG est fragile. « *Nous espérons que l'entreprise va se montrer honnête avec nous : si une menace quelconque devait apparaître – même minime – nous voulons le savoir. Notre bienveillance a des limites.* »

Urszula Rybicka, Agence polonaise de presse, envoyée spéciale pour Sciences et Avenir. Traduction : Frédéric Schneider Photos : Maciek Nabrdalik/VII pour Sciences et Avenir

Une consommation assurée durant 35 à 65 ans

Les gisements de gaz de schiste placeraient la Pologne au 3e rang des pays européens les plus riches en gaz, derrière la Norvège et les Pays-Bas. Un rapport publié en mars (1) par l'Institut national de géologie (PIG) polonais estime les réserves à 1920 milliards de mètres cubes et les réserves exploitables entre 346 à 768 milliards de m^3. Elles permettraient au pays d'assurer sa consommation de gaz durant 35 à 65 ans. Le gouvernement prévoit l'exploitation pour 2014 à 2015. A ce jour, plus d'une centaine de concessions ont été accordées à une trentaine d'entreprises, principalement américaines et canadiennes. Elles ont déjà foré 18 puits, 14 sont en cours, et 39 autres prévus, selon un rapport de l'Agence internationale de l'énergie en mars (2). L'américain ExxonMobil s'est, lui, retiré du pays en juin, officiellement pour n'avoir pas trouvé de gisements commercialement exploitables. En revanche, en juillet, cinq entreprises publiques polonaises se sont associées (outre PGNiG, trois spécialistes de l'énergie, PGE, Tauron et Enea, et une société minière KGHM Polska Miedz), pour investir plus de 400 millions d'euros dans l'exploration au nord du pays. **U. R.**

(1) pgi.gov.pl (en anglais)
(2) http://2doc.net/yurn0

*Le rapport est consultable sur Internet, en polonais : http://2doc.net/pz1rh

Le futur est de retour.

Le tour du monde des musiques novatrices
Brian Eno, David Lynch, Arvo Pärt, Tamikrest, Tony Allen,
la nouvelle electronica russe…

dès le 26 septembre
chez les meilleurs disquaires de la planète
et sur RTS.ch/boutique

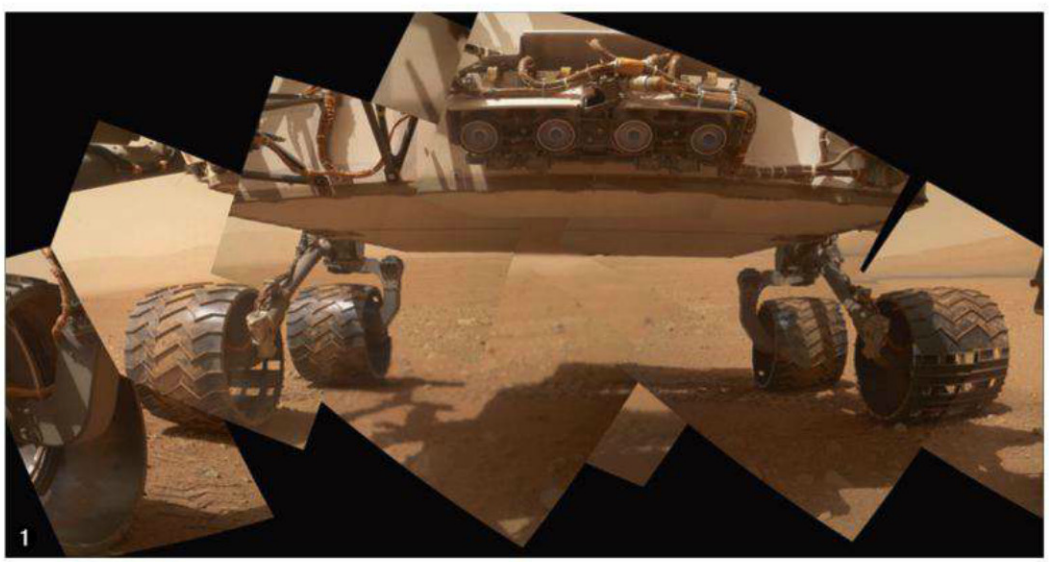
laplanetebleue.com

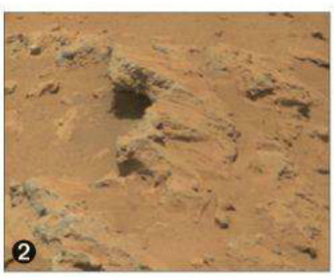
SCIENCES AVENIR

COULEUR 3 RTS

Curiosity Chroniques martiennes, épisode 3

Poursuivant sa mission sur Mars, le robot Curiosity a découvert le lit asséché d'une rivière qui coulait voilà des milliards d'années.





NASA/JPL/CALTECH

Curiosity progresse dans un réseau d'anciens cours d'eau ❶, témoins ces graviers et sables ❷. Etrange rencontre : une roche pyramidale ❸.

Une rivière sur Mars ! C'est maintenant une évidence : depuis sept semaines, le robot Curiosity roule dans le lit d'une ancienne rivière. Les images transmises montrent en effet des graviers, des cailloux et du sable cimentés dans une couche fossile de 10 à 15 cm d'épaisseur. Selon les scientifiques de la Nasa, un cours d'eau a coulé là pendant des milliers, voire des millions d'années, à une époque reculée, il y a des milliards d'années sans doute. La taille des graviers a permis de déduire les caractéristiques de cette rivière, qui devait avoir une profondeur d'un mètre environ et qui s'écoulait avec un débit de l'ordre d'un mètre par seconde. La forme arrondie de certains galets indique qu'ils ont été roulés par les flots d'eau depuis le canal Peace Vallis, qui se trouve en haut du bassin. Selon toute probabilité, Curiosity progresse au milieu d'un réseau d'anciens ruisseaux et rivières. C'est en tout cas la première fois que l'on détecte de telles traces de cailloux transportés par l'eau à la surface de Mars.

Curiosity poursuit sa route vers le lieu-dit Glenelg, sur les flancs du mont Sharp (Aeolis), au centre du cratère Gale. En chemin, il a fait une étrange découverte, le 19 septembre : une pyramide ! Il s'agit en réalité d'une roche de la taille d'un ballon de football. Pour Curiosity, ce gros caillou a été l'occasion d'utiliser pour la première fois son bras robotisé de 2 mètres à des fins scientifiques. Le résultat de l'analyse intrigue les scientifiques. La composition de cette roche ressemble à celle de roches terrestres rares provenant de volcans.

Quelques jours auparavant, le rover avait pu capter le spectacle de deux mini-éclipses, lorsque les lunes de Mars, Phobos et Deimos, sont passées l'une après l'autre devant le disque solaire. Ce phénomène avait déjà été observé en 2004 par les rovers jumeaux Spirit et Opportunity. Le premier est désormais hors d'usage, immobilisé depuis le 22 mars 2010 après avoir parcouru plus de 7 km. Le second demeure vaillant après avoir parcouru plus de 35 km en huit ans et demi. Pendant quelques jours, ce robot senior a même volé la vedette à Curiosity en dévoilant d'étranges petites billes d'à peine 3 mm de diamètre sur une zone de 6 cm de large. Pour l'instant, leur origine demeure un mystère.

Le 24 septembre, Curiosity a repris sa route. Franchissant en moyenne une trentaine de mètres chaque jour, il a ainsi parcouru quelque 300 m. Il se rapproche de sa première destination, le site Glenelg, où les scientifiques de la Nasa ont noté la convergence de trois types de terrains. L'un est plus « cratérisé » que celui traversé actuellement par Curiosity. L'autre, de couleur plus claire, intrigue les chercheurs ●●●

●●● par sa faculté à retenir la chaleur du jour tard dans la nuit, ce qui suggère une composition inédite. A mesure que Curiosity s'approche de cette région, de nouveaux détails se dévoilent, notamment des bandes fines et sombres d'origine inconnue. Le mont Sharp est un grand massif constitué de couches sédimentaires accumulées depuis plus de 2 milliards d'années. Curiosity devra se plonger au cours des prochains mois dans ces archives géologiques pour reconstituer l'histoire climatique de la région et comprendre si Mars a pu être, à un moment donné, le berceau de la vie.

Cette mission revêt une nouvelle importance, depuis qu'une étude, parue dans la revue *Nature Geoscience*, remet en question la durée de la période pendant laquelle la planète Rouge était habitable. Menés par une équipe franco-américaine, ces travaux portent sur l'origine des argiles de l'hémisphère sud de Mars. Découvertes en 2005, celles-ci étaient considérées jusque-là comme ayant été formées par l'action de l'eau liquide entre -4,5 et -4 milliards d'années. Selon les auteurs, elles seraient semblables à celles d'origine volcanique récoltées sur l'atoll de Mururoa, en Polynésie, ce qui laisse penser qu'elles sont d'origine magmatique. Mieux : le spectre infrarouge des argiles martiennes mesuré par les orbiteurs Mars Express et Mars Reconnaissance Orbiter, est identique à celui des argiles de Mururoa ! *Exit*, donc, l'hypothèse de la présence d'eau pérenne à la surface de Mars à cette lointaine époque. Il paraît plus probable que la planète était alors recouverte d'un océan magmatique, tout comme la Terre primitive. La période durant laquelle elle aurait pu voir se développer de la vie à sa surface serait donc plus courte que prévue, située aux alentours de -3 milliards d'années. Sur Terre, les premières traces de vie avérées remontent à -3,8 milliards d'années.

Sylvie Rouat

Les 7 projets pour percer les secrets

MISSION INDIENNE
2013 Etudier l'atmosphère

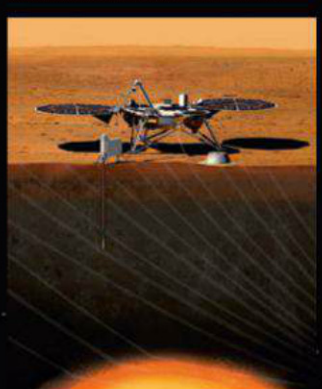
Pour la première fois, l'Inde marque son intérêt pour la planète Rouge. Le président de l'Organisation de recherche spatiale indienne (Isro) a annoncé en septembre que son pays se préparait à lancer une sonde en novembre 2013, lorsque Mars sera au plus près de la Terre. L'engin spatial – dont le nom est encore secret – emportera 25 kg d'instruments destinés notamment à étudier l'atmosphère martienne et à y rechercher d'éventuelles traces de vie depuis une orbite elliptique qui oscillera entre 500 et 80 000 km d'altitude. Jusque-là, l'organisation indienne visait surtout la Lune – avec notamment une deuxième mission annoncée pour 2014 – et un premier vol habité prévu pour 2016.

MAVEN
2014 Reconstituer la bascule du climat

A la fin de 2013, la Nasa devrait lancer la « petite » mission Maven (Mars Atmospheric and Volatile Evolution). Une fois insérée sur son orbite martienne, en septembre 2014, la sonde *(illustration ci-dessous)* devra mesurer pendant un an des paramètres clés de l'atmosphère de la planète afin de reconstituer son histoire climatique. Elle dispose de huit instruments pour tenter de comprendre comment Mars a perdu la majeure partie de ses gaz atmosphériques, transformant un astre alors humide – où s'observe encore l'empreinte des cours d'eau et des océans – en l'actuel désert sec et glacé. Par le passé, Mars a-t-elle bénéficié d'un environnement stable qui aurait pu permettre à la vie de se développer ? Maven servira aussi d'antenne-relais pour les communications des futurs landers et rovers martiens.

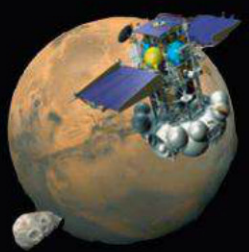
INSIGHT
2016 Ausculter le cœur

Des laboratoires de recherche français et européens participent à la mission InSight (Interior Exploration Using Seismic Investigations, Geodesy and Heat Transport) de la Nasa, qui déploiera en 2016 pour la première fois une station géophysique sur le sol martien. Celle-ci étudiera la structure et la composition des entrailles de la planète, en mesurant pendant deux ans son activité sismique, ses flux de chaleur interne et les variations de sa rotation.



de la planète Rouge

PHOBOS-GRUNT II
2018 Rapporter des morceaux de Lune



En 2011, la Russie a lancé une ambitieuse mission de collecte d'échantillons à destination de Phobos, l'une des deux lunes martiennes. Malgré l'échec du lancement, les scientifiques, qui avaient passé plus de dix ans à préparer cette mission, ont obtenu une nouvelle chance. Un deuxième Phobos-Grunt devrait ainsi être lancé en 2018 (voire 2020-2022, en fonction de la participation de la Russie à Exomars). Cette nouvelle version un peu simplifiée permettra d'étudier *in situ,* pendant un an, le sol de Phobos et de rapporter des échantillons sur Terre. Une première étape avant de rapporter des échantillons de Mars *(voir Mars-Grunt)*.

EXOMARS
2018 Rechercher des traces de vie

C'était à l'origine un programme ambitieux mis sur pied par l'Agence spatiale européenne en partenariat avec la Nasa. Une première mission (en 2016) devait mettre en orbite un satellite chargé d'analyser l'atmosphère de Mars et servir de relais de télécommunications pour les missions à venir. Cette sonde devait également larguer un module vers la surface de Mars. Deux ans plus tard, une deuxième mission était censée déposer à la surface de la

planète deux rovers américain et européen, destinés à l'étude du sol et du sous-sol. L'objectif de ce dispositif était de rechercher dans l'atmosphère et dans le sol des signes de vie passée et présente sur Mars. Las ! à la suite de restrictions budgétaires, la Nasa a jeté l'éponge en 2011. L'agence russe Roscosmos envisage de s'engager aux côtés des Européens. La décision finale devrait être prise avant fin 2012.

MARS-NET
2021 Etudier la météo martienne

Les Russes projettent d'envoyer vers Mars un orbiteur chargé de déployer sur le sol martien un réseau de dix stations météorologiques, ainsi que trois pénétrateurs équipés de sismomètres. Ce projet existait déjà dans les cartons de l'URSS, dans les années 1980. Le véhicule principal de 2500 kg est basé sur le même schéma que Phobos-Grunt. Les stations météo, soit des atterrisseurs de 10-15 kg chacun, établiront un réseau global d'observation, complété par le satellite en orbite, de manière à étudier durant au moins deux années martiennes le climat et la météorologie de la planète Rouge. Les pénétrateurs, d'une masse de 55 kg, constitueront, à une moindre échelle, un réseau d'étude sismologique de la planète. Cette mission, si elle voit le jour, sera la première tentative russe de se poser sur Mars depuis Mars-96, dont le lancement a avorté en 1996.

MARS-GRUNT
2022 Rapporter les premiers cailloux

L'agence spatiale russe Roscosmos a annoncé qu'elle lancerait, au cours de la prochaine décennie, une mission de retour d'échantillons martiens. La mission Phobos-Grunt devrait lui servir de base technologique. Mars-Grunt serait alors constituée d'un orbiteur qui larguera, à l'approche de la planète, un atterrisseur en forme de dôme. Une fois posé à la surface, un bras robotique se chargera de collecter environ 200 g d'échantillons de sol et de les déposer dans la petite fusée placée au sommet de l'engin. Après mise à feu, celle-ci ira s'amarrer à la sonde demeurée en orbite pour transférer des échantillons dans le module de retour. La Nasa et l'ESA, l'agence spatiale européenne, ont également dans leurs cartons des missions de retour d'échantillons martiens. Mais aucune agence spatiale dans le monde, pas même la russe, n'a voté concrètement de ligne budgétaire pour une telle mission. Au final, le retour d'échantillons nécessitera sans doute une alliance internationale.

NASA - NASA - DR - ESA - DR - DR

Sécurité

Peut-on tromper un scanner biométrique par l'iris de l'œil ?

LE CONTEXTE

Une équipe de chercheurs espagnols et américains a démontré qu'il était possible de manipuler les données biométriques relatives à l'iris de l'œil. Ce travail remet-il en question la sûreté de ces systèmes ?

Les empreintes digitales feraient presque figure d'antiquités. Aujourd'hui, parmi les données biométriques permettant d'identifier les individus, on trouve aussi le réseau veineux de la paume, la voix, la démarche, voire des signaux électrophysiologiques (pulsations cardiaques…). Pour l'heure, la préférence va à l'iris de l'œil, notamment dans les aéroports américains. Pourtant, une équipe de chercheurs de l'Université autonome de Madrid et du laboratoire i-Probe de l'université américaine de Virginie-Occidentale vient de semer un sérieux doute. A la conférence Black Hat de Las Vegas, consacrée à la sécurité des systèmes d'information, en août, Javier Galbally, professeur assistant à Madrid, a montré qu'il était possible de pirater une base de données biométriques, récupérer de quoi « reconstituer » l'iris de quelqu'un d'autre et finalement tromper le scanner de contrôle.

Les bases de données stockent un *template*, c'est-à-dire un code binaire (des 0 et des 1) traduisant les caractéristiques de l'iris. *« C'est un processus de codage avec perte de données, comme un résumé,* explique Jean-Luc Dugelay, professeur à l'école d'ingénieurs Eurecom à Sophia-Antipolis. *Cela réduit la quantité d'informations à stocker ce qui facilite ensuite la comparaison lors d'un contrôle. »* Normalement, il est impossible de faire le chemin inverse : reconstruire l'image d'un iris à partir du code.

L'équipe de Javier Galbally a commencé par produire une série d'images de synthèse d'iris à partir d'une base de données de l'université de Virginie-Occidentale. Toutes ont été comparées au code de l'iris (le *template*) destiné à être copié afin d'établir le niveau de similarité. *« Les scores étaient très faibles,* détaille Javier Galbally, *mais nous les avons utilisés pour combiner les images de synthèse entre elles et obtenir un nouveau jeu d'images un peu plus proches de l'iris voulu. »* Et ainsi de suite, jusqu'à parvenir à un résultat suffisamment proche du *template* cible. Pour ce procédé par itération, les chercheurs ont utilisé un algorithme génétique, dont le principe est de fournir des solutions potentielles en s'inspirant des règles de l'évolution. *« Sauf qu'au lieu d'attendre des millions d'années entre chaque étape, nous attendons cinq à dix minutes »,* s'amuse Javier Galbally.

L'image reconstituée a été présentée sous forme de fichier (et non d'impression papier) au système informatique d'un scanner commercial, VeriEye de Neurotechnology : 80 % des

JAMES KING-HOLMES/SPL PHANIR

L'identification biométrique par l'iris, jugée jusque alors sans faille, a pu être piratée par une équipe de chercheurs.

tentatives ont permis de duper le système et de passer le contrôle. Lors d'un précédent travail, Javier Galbally avait pu faire lire à un scanner une image d'iris sur papier et sur une lentille de contact.

Usurper l'iris d'un autre serait-il un exercice à la portée de tout pirate ? « *Il faut déjà pénétrer la base de données*, relativise Jean-Luc Dugelay. *Les templates peuvent y être sécurisés, encryptés et il faut savoir lequel on cherche.* »

Le travail présenté à Las Vegas fait partie du projet européen de recherche Tabula Rasa, focalisé sur l'étude de la vulnérabilité des systèmes de biométrie. « *Ces outils se déploient de plus en plus, mais leurs failles n'ont pas fait l'objet de beaucoup de recherches, celles-ci se concentrant surtout sur la manière d'identifier un individu par telle ou telle donnée* », rappelle Sébastien Marcel, directeur de l'équipe biométrie et coordinateur du projet Tabula Rasa* à l'institut de recherche Idiap à Martigny, en Suisse. L'enjeu étant de combler les failles découvertes en proposant des contre-mesures, à la fois pour améliorer l'efficacité des systèmes et aider à l'acceptation de la biométrie par le public.

Tabula Rasa travaille essentiellement sur les performances des algorithmes calculant la correspondance entre la donnée captée et les bases de données. « *Néanmoins*, prévient Sébastien Marcel, *il restera à déterminer comment garantir et certifier la performance des systèmes biométriques commercialisés : qui réalisera cette certification et comment.* » Pour preuve que rien n'est acquis, depuis février, les aéroports de Manchester et Birmingham, en Grande-Bretagne, n'utilisent plus les scanners d'iris, en place depuis 2006. En cause : une procédure de contrôle trop longue qui crée des files d'attentes.

Arnaud Devillard

* L'école d'ingénieurs Eurecom participe aussi à Tabula Rasa.

Matériaux

Des nouveaux bitumes peuvent-ils réduire le bruit des voitures ?

LE CONTEXTE

Depuis fin juin, Paris teste deux nouveaux revêtements sur une partie du boulevard périphérique. Ils permettent de faire baisser le bruit des voitures sur la route de 3 à 9 décibels. Comment ?

Pour les 100 000 riverains des 35 km du boulevard périphérique parisien, c'est l'enfer. Selon Bruitparif, l'observatoire du bruit en Ile-de-France, les niveaux sonores peuvent dépasser les 80 décibels (dB) sur certaines portions. « *Quand aucune protection acoustique n'a été mise en place* », le « périph' » dépasse « *systématiquement les valeurs limites réglementaires de jour comme de nuit* », note Bruitparif, autrement dit vont au-delà de 62 (nuit) ou 68 dB (jour). La ville de Paris a décidé, depuis le 29 juin, de tester sur 200 mètres (entre la porte de Vincennes et le pont de Lagny) des enrobés antibruit mis au point par la société Colas : le Rugosoft, sur la voie intérieure, et le Nanosoft, sur l'extérieure. Ils sont censés réduire respectivement de 7 et 9 dB le bruit de roulement des pneus sur la chaussée. « *C'est le bruit principal*, note Eric Godard, directeur technique chez Colas. *Au-delà de 50 à 60 km/h, il excède celui des moteurs.* » Une vitesse largement dépassée sur le périph'.

Les enrobés sont constitués de sable, de cailloux et de polymères liés par du bitume. Mais Nanosoft et Rugosoft incorporent des cailloux de taille réduite (4-6 mm, contre 10 mm dans un enrobé classique) qui laissent davantage de vide. Cette porosité absorbe davantage le son. Pour établir la comparaison, Bruitparif a placé une sonde sur le terre-plein entre les voies, trois au niveau des immeubles riverains et une hors zone. « *Nous avons constaté une nette amélioration, 4 dB de moins côté riverains, 9 dB près des voies* », affirme Fanny Mietlicki, directrice de Bruitparif.

SIPA

200 m de périphérique parisien ont été recouverts de nouveau bitume.

Ce qui ne règle pas tout. Car les enrobés phoniques durent moins longtemps, en raison de la moindre abondance – donc résistance – des cailloux, et coûtent de 20 à 30 % plus chers du fait de la manutention plus précise qu'ils exigent. Sans compter les travaux de remplacement… Bref, le périph' antibruit, ce n'est pas pour tout de suite. Le test se poursuit jusqu'à la fin de 2012.

DERRIÈRE LES MOTS

VDSL2

Sigle de l'anglais Very high Speed Digital Subscriber Line 2, cette norme de transfert de signal Internet à très haut débit fournit des performances équivalentes à celles de la fibre optique (de 50 à 100 Mbit/s), mais sur les câbles téléphoniques en cuivre. Si certains opérateurs sont prêts (la Freebox Revolution ou la Livebox 3 Pro sont compatibles), elle n'est pas encore utilisée en France. Mais le président de l'Arcep, l'Autorité de régulation des télécommunications, Jean-Ludovic Silicani, a annoncé dans *Edition Multimedi@* qu'un comité d'experts allait « *rendre un avis favorable* » à l'introduction du VDSL 2 cet automne. L'idée est de pallier la lenteur du déploiement de la fibre optique. Problème : le VDSL 2 risque de ne pas être implanté partout pour garder de la place au chantier de la fibre, appuyé par les pouvoirs publics et auquel sont consacrés de gros investissements. Si cette norme a l'avantage d'être moins coûteuse à installer, elle n'est pas non plus la panacée : pour bénéficier des débits maximaux, l'internaute doit être situé à moins de 1,5 km du répartiteur. Au-delà, les débits tombent à 20 Mbits, comme avec l'ADSL 2+ et le VDSL 2 perd tout intérêt.

Les lunettes à grille à l'épreuve des faits

Les yeux en face des trous ?

BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

Les lunettes à grille ne font qu'augmenter la profondeur de champ et certainement pas l'acuité visuelle.

Mieux voir de près, de loin, et pourquoi pas se passer définitivement de lunettes ? Sur Internet, des méthodes se présentant comme des alternatives à la médecine pour les myopes, astigmates, presbytes ou hypermétropes, font florès. La plus populaire est certainement celles des lunettes sténopéiques, dites aussi « à trous » ou à grille, dont leurs promoteurs affirment qu'il suffit de les porter régulièrement (dix minutes à une heure par jour), pour gagner en acuité visuelle. Sur ces lunettes, vendues entre 3 et 30 € selon les modèles, les verres sont remplacés par deux caches noirs percés d'une multitude de trous minuscules. Selon un site Internet (1) distribuant la marque Visionet, ce dispositif permettrait *« une rééducation active visuelle, une relaxation des yeux et de l'esprit* […] *Au bout d'un certain temps, elles améliorent la sensibilité et la souplesse de l'œil par la gymnastique oculaire induite par leur utilisation »*. Même le site Doctissimo (2), spécialisé dans la santé et le bien-être, semble confirmer, évoquant le cas de personnes atteintes de presbytie qui auraient retrouvé une vue nette avec les lunettes à grille.

« C'est normal ! nous confirme Thanh Hoang-Xuan, chef du service d'ophtalmologie de l'Hôpital américain de Paris. *Ces lunettes reprennent le principe du trou sténopéïque. Celui-ci sélectionne les rayons lumineux frappant le centre de la rétine limitant les aberrations des rayons qui vont dans tous les sens. Un principe bien connu en photographie où l'on joue sur l'ouverture du diaphragme pour faire varier la profondeur de champ. Plus le trou est petit, plus la profondeur est importante. »* Autrement dit, l'image sera bien nette en avant et en arrière du sujet photographié. A l'inverse, quand le diaphragme est grand ouvert, le sujet est bien net, le premier plan et l'arrière-plan, très flous. *« Nous, ophtalmologistes, utilisons ce principe au quotidien pour savoir si l'anomalie de la vision d'un patient est due aux lunettes ou aux yeux. Nous posons sur chaque œil un cache percé d'un petit trou au centre. Si la vision redevient nette, le problème vient des lunettes. Si elle reste trouble, il se situe au niveau des yeux »*, explique Gilles Renard, ancien professeur d'ophtalmologie à l'Hôtel-Dieu de Paris.

> "En aucun cas, ces lunettes ne peuvent améliorer la vue, soulager les maux de tête ou la fatigue oculaire"

Les lunettes sténopéiques ne font donc qu'augmenter la profondeur de champ. *« Mais, en aucun cas, elles ne peuvent améliorer la vue, soulager les maux de tête ou encore la fatigue oculaire. Toutes ces allégations relèvent de la charlatanerie »*, estime Gilles Renard. D'ailleurs, l'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé a interdit à plusieurs reprises la publicité vantant les bénéfices pour la vue des lunettes à grille (3), aucune preuve scientifique ne soutenant ces affirmations.

(1) http://2doc.net/w9lcr
(2) http://2doc.net/ddjx7
(3) http://2doc.net/0rxpv ; http://2doc.

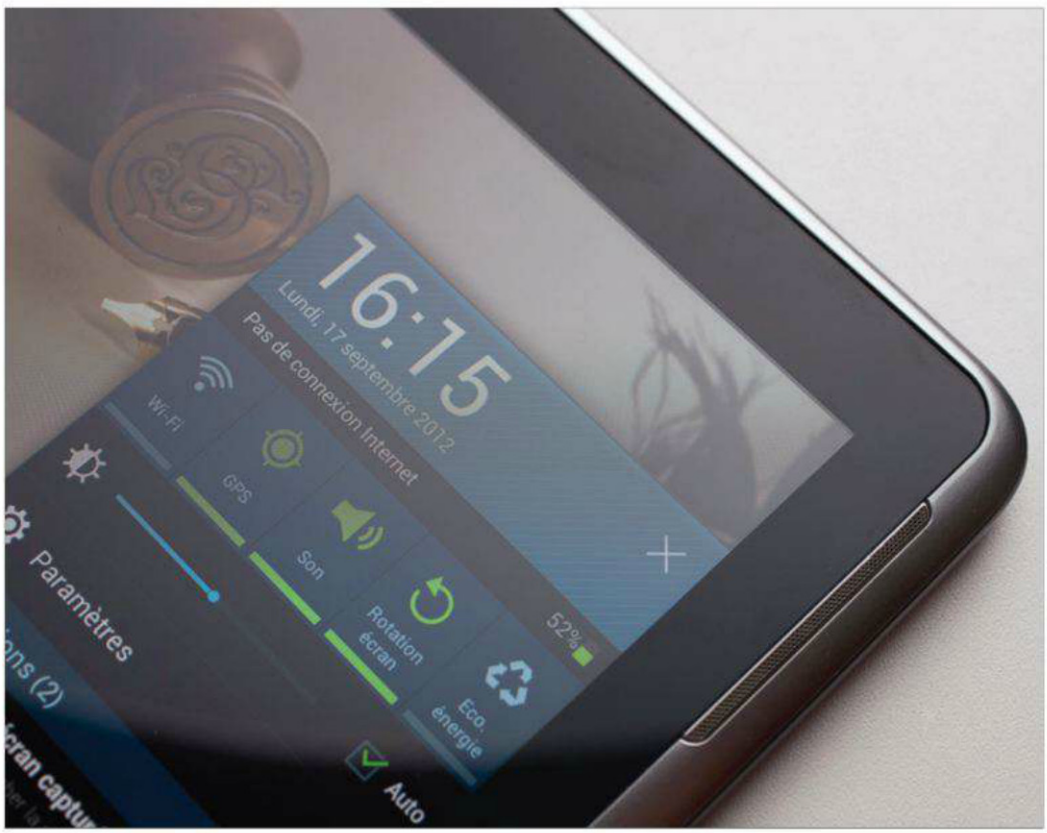
RETROUVEZ L'INTÉGRALITÉ DE VOTRE MAGAZINE EN VERSION DIGITALE.
POUR ÊTRE INFORMÉ OÙ QUE VOUS SOYEZ.

SCIENCES ET AVENIR

L'APPLICATION DE SCIENCES ET AVENIR EST DISPONIBLE POUR IPAD, IPHONE ET SUR APPAREILS ANDROÏD.
DÉCOUVREZ NOS VIDÉOS ET INFOGRAPHIES ANIMÉES.

Les tablettes en pole position

Les « ardoises » tactiles se sont imposées en quelques mois à peine. Les derniers modèles bénéficient d'une remarquable qualité d'écran. Elles se dotent de nouvelles fonctionnalités, comme un stylet ou un clavier qui les rapprochent de plus en plus d'un véritable ordinateur portable.



BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

Comment choisir dans une offre pléthorique ?

Avec plus de 3,4 millions de tablettes tactiles vendues en France cette année (source GFK), soit une croissance de 140 % par rapport à 2011, le marché explose, si bien que nous proposons cette nouvelle sélection moins de deux ans après la précédente *(voir* S. et A n° 767, *janvier 2011)*. Bonne nouvelle : à caractéristiques comparables, le prix ne cesse de baisser pour atteindre en moyenne 365 €.

Le choix doit d'abord prendre en compte l'usage prévu, à commencer par le format : un écran 10" (254 mm) sera plus encombrant qu'un 7" mais plus confortable pour regarder un film. Dans le même esprit, certaines tablettes peuvent aussi faire office de liseuses. Pour rédiger des comptes rendus, d'autres modèles disposent d'un clavier « mécanique », plus confortable que le clavier tactile, mais qui augmente l'épaisseur et le poids de la machine. Pour la prise de notes rapides, le stylet fait son grand retour en exploitant une technologie améliorée. L'usage principal de la tablette doit donc être défini avec précision avant toute acquisition. Dernier point, le système d'exploitation détermine aussi bien des fonctionnalités et des accès. Ici encore, il s'agit d'un élément à prendre en compte.

Leurs performances ont-elles progressé ?

L'écran bénéficie d'améliorations incontestables, en particulier celui de l'iPad 3 d'Apple. Avec une résolution atteignant 248 × 1536 pixels pour une diagonale de 9,7" (246 mm), sa définition atteint 264 pixels par pouce, soit pratiquement celle d'un tirage photo (300 pixels).

Ce n'est ni aux vidéos ni aux photos que cet accroissement de définition est le plus bénéfique, mais au texte : le léger effet de flou qui se forme habituellement autour des caractères disparaît. Le taux de contraste et, surtout, l'angle de vision des écrans actuels ont aussi progressé. Ainsi, ceux-ci peuvent être observés de biais, par plusieurs utilisateurs, sans que les couleurs en pâtissent. Les nouveaux processeurs internes, plus puissants, ont supprimé la latence entre les ordres donnés et leur exécution.

Enfin, si toutes les tablettes peuvent être équipées d'un clavier externe, par liaison Bluetooth, de plus en plus de constructeurs proposent des modèles qui l'intègrent. Une des solutions les plus originales est probablement celle retenue par Archos sur sa tablette 101 XS, où le clavier fait aussi office de capot de protection de l'écran.

Quel est l'impact du système d'exploitation ?

La grande nouveauté de cet automne en matière de système d'exploitation est l'arrivée de Windows 8 de Microsoft. Il vient ainsi élargir la concurrence qui existait entre iOS, d'Apple, et Android, soutenu notamment par Google depuis le rachat en 2005 de la petite société qui l'avait conçu. Le choix du système détermine le type de logiciels que la tablette pourra exploiter. Ainsi, iOS ne pourra accéder qu'à des logiciels vendus sur l'Apple Store. Pour Android, l'utilisateur devra passer par GooglePlay. Enfin Windows 8 l'aiguillera directement sur Windows Store.
Il en est de même pour tout ce qui est du stockage et de la sauvegarde en ligne de données personnelles. En fonction du système d'exploitation retenu, les services offerts peuvent différer tant en termes de tarifs que de clauses de confidentialité ou de capacité de stockage. En revanche, quel que soit le système d'exploitation ou le logiciel utilisé, tous les documents créés sur une tablette – textes, présentations, etc. – sont compatibles avec les autres systèmes et logiciels.

Faut-il attendre avant d'acheter ?

Samsung a déjà une idée assez ambitieuse de la tablette de demain. Elle devrait être souple, pour se loger dans une poche, offrir une image 3D et être transparente pour proposer des services de réalité augmentée. Il sera ainsi possible, grâce à la caméra intégrée, de disposer d'informations sur un monument visé, par exemple. Cependant, c'est surtout le prix qui devrait continuer à chuter. La production de masse des écrans et des mémoires flash vont permettre aux fabricants de réduire leurs coûts de fabrication.
Par ailleurs, il est probable que, grâce à l'envolée de leur puissance de calcul, les tablettes deviendront aussi des « super-consoles de jeu ». Elles s'utiliseront soit de manière autonome, soit raccordées à un téléviseur. Tout porte à penser que la politique suivie par Apple pour l'évolution de sa gamme n'est pas étrangère à une telle perspective. La firme américaine pourrait ainsi, après le MP3 et la téléphonie mobile, s'attaquer à un nouveau marché. D'ores et déjà, la puissance de calcul de l'iPad 3 est comparable à celle de la console de jeux X-Box 360 de Microsoft.

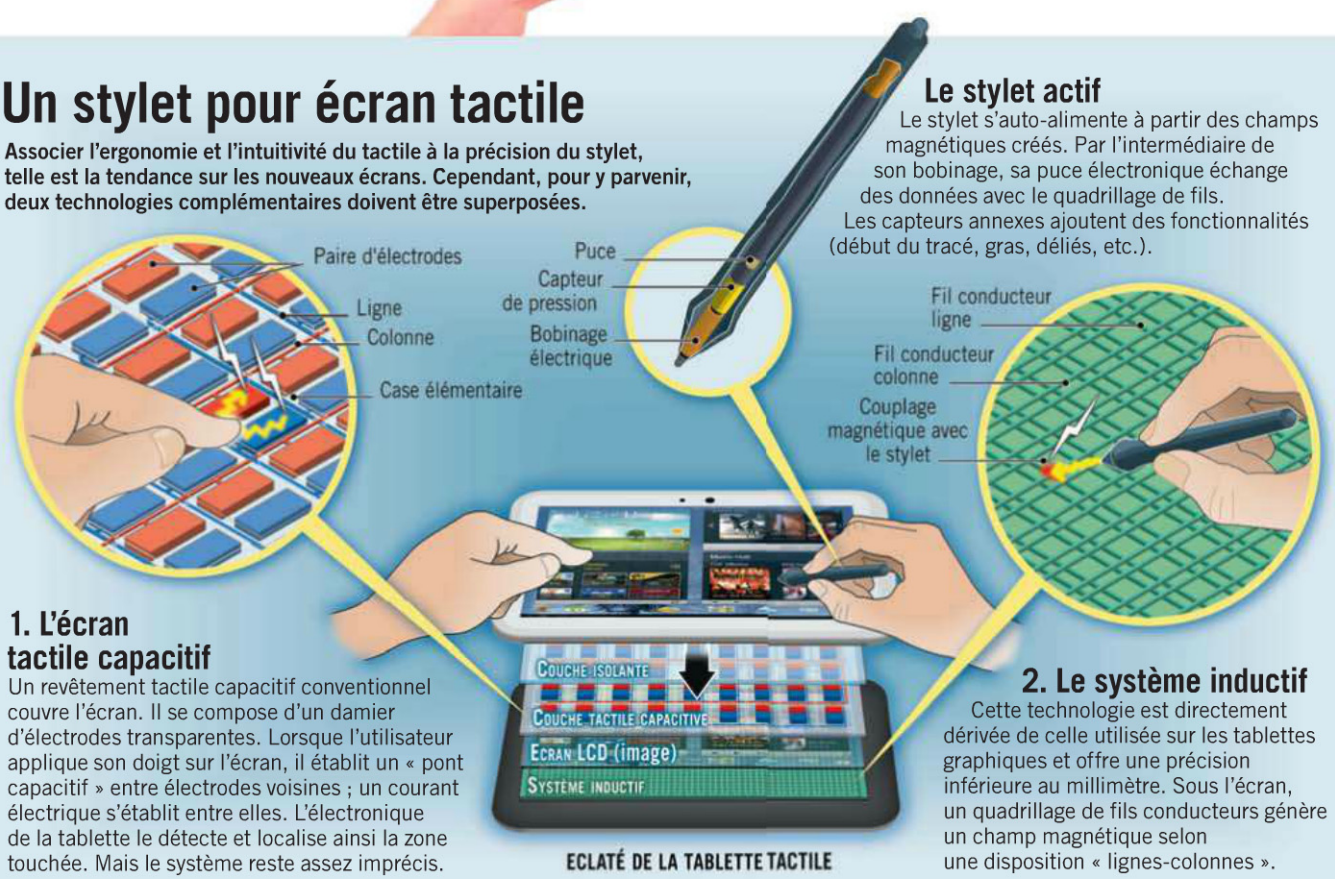
La tablette de demain vue par Samsung.

Un stylet pour écran tactile

Associer l'ergonomie et l'intuitivité du tactile à la précision du stylet, telle est la tendance sur les nouveaux écrans. Cependant, pour y parvenir, deux technologies complémentaires doivent être superposées.

Le stylet actif

Le stylet s'auto-alimente à partir des champs magnétiques créés. Par l'intermédiaire de son bobinage, sa puce électronique échange des données avec le quadrillage de fils. Les capteurs annexes ajoutent des fonctionnalités (début du tracé, gras, déliés, etc.).



ECLATÉ DE LA TABLETTE TACTILE

1. L'écran tactile capacitif

Un revêtement tactile capacitif conventionnel couvre l'écran. Il se compose d'un damier d'électrodes transparentes. Lorsque l'utilisateur applique son doigt sur l'écran, il établit un « pont capacitif » entre électrodes voisines ; un courant électrique s'établit entre elles. L'électronique de la tablette le détecte et localise ainsi la zone touchée. Mais le système reste assez imprécis.

2. Le système inductif

Cette technologie est directement dérivée de celle utilisée sur les tablettes graphiques et offre une précision inférieure au millimètre. Sous l'écran, un quadrillage de fils conducteurs génère un champ magnétique selon une disposition « lignes-colonnes ».

BETTY LAFON

14 tablettes au banc d'essai

	PocketBook	Dane-Elec	Amazon	Google/Asus
Marque				
Modèle	SURFpad	My-mate 3D Movie	Kindle Fire HD	Nexus 7
Prix indicatif	89 € en 4 Go	139 € en 8 Go	199 € en 16 Go	199 € en 8 Go
Ecran	7" (178 mm) 16/9, 800 × 400	7" (178 mm) 16/9, 800 × 480	7" (178 mm) 16/9, 1280 × 800	7" (178 mm) 16/9, 1280 × 800
Processeur	Cortex A8 à 1 GHz	Cortex A8 à 1,5 GHz	OMAP 4460 double cœur à 1,2 GHz	NVIDIA Tegra 3 quadruple cœur à 1,2 GHz
Système	Android 4	Android 4.0.3	Android personnalisé par Kindle	Android 4.1
Extension mémoire	Jusqu'à 32 Go par micro SD	Jusqu'à 32 Go par micro SD	Non	Non
Caméra	300 000 pixels	300 000 pixels	Caméra compatible vidéo HD	1,2 mégapixel
Connectique	Micro USB, sortie casque	Micro USB, micro HDMI, sortie casque	Mini HDMI, USB, sortie casque	Micro USB, sortie casque
Liaisons sans fil	Wi-Fi b/g/n	Wi-Fi b/g/n	Wi-Fi double bande, Bluetooth	Wi-Fi b/g/n, Bluetooth
Autonomie	7 h	10 h (en lecture de musique)	11 h	10 h
Dimensions	202 × 116 × 11 mm	120 × 81 × 10 mm	193 × 137 × 10 mm	198 × 120 × 10 mm
Poids	285 g	365 g	395 g	340 g
Les plus	Gestion des formats e-Book, prix	Sortie HDMI compatible 3D, connectique complète	Accès au catalogue e-Book Kindle, qualité de l'écran	Qualité de l'écran, réactivité
NOTRE AVIS	Un modèle d'entrée de gamme adapté à la gestion de sa boîte e-mail.	Une tablette orientée multimédia proposée à un prix compétitif. Elle peut restituer les films en 3D sur un téléviseur compatible 3D.	Une tablette préconfigurée pour accéder prioritairement aux prestations d'Amazon.	Une tablette, conçue en partenariat avec Google, réactive, efficace et dotée d'un écran petit mais d'excellente qualité.

SCIENCES ET AVENIR

Nous avons sélectionné et testé ces appareils. Voici nos commentaires.

	Sony	Samsung	Apple	Samsung
Marque				
Modèle	Xperia	Galaxy Tab 8.9	iPad 3	Galaxy Note 10.1
Prix indicatif	400 € en 16 Go (hors 3G)	459 € en 16 Go (hors 3G)	489 € en 16 Go	499 € en 16 Go (hors 3G)
Ecran	9,4" (239 mm), 1280 × 800	8,9" (226 mm) 16/9, 1280 × 800	9,7" (0 mm) 4/3, 2048 × 1536	10,1" (256 mm) 16/9, 1280 × 800
Processeur	NVIDIA Tegra 3 quadruple cœur à 1,3 GHz	Double cœur à 1 GHz	A5X double coeur	Exynos quadruple cœur à1,4 GHz
Système	Android 4.0.3	Android 3.1	iOS 6	Android 4.0
Extension mémoire	Jusqu'à 32 Go par micro SD	Non	Non	Jusqu'à 64 Go par Micro SD
Caméra	8 mégapixels (photo) + Webcam 1 mégapixel	3 mégapixels + Webcam 2 mégapixels	5 mégapixels (photo) + caméra VGA	5 mégapixels + Webcam 1,9 mégapixel
Connectique	USB, HDMI (adaptateur fourni), sortie casque	USB (par adaptateur fourni), sortie casque	Connecteur dock 30 broches, casque	USB (par adaptateur fourni), sortie casque
Liaisons sans fil	Wi-Fi b/g/n, Bluetooth 3	Wi-Fi, Bluetooth, 3g (+100)	Wi-Fi b/g/n, Bluetooth 4, 3G (suivant modèle)	Wi-Fi, Bluetooth, 3G (+100 €)
Autonomie	10 h	8 h	10 h	10 h
Dimensions	174 × 240 × 8,8 mm	230 × 157 × 8,6 mm	241 × 185 × 9,4 mm	262 × 180 × 8,9 mm
Poids	570 g	447 g	652 g	597 g
Les plus	Design élégant, résistant aux projections d'eau	Qualité de l'écran, faible épaisseur	Qualité de l'écran, ergonomie	Stylet technologie Wacom, écran confortable
NOTRE AVIS	Par l'intermédiaire du Sony Entertainement Network, cette tablette interagit avec le téléviseur pour s'ouvrir à de nouveaux contenus.	Cette tablette est une déclinaison de sa grande sœur Galaxy Tab 10.1 sous un format plus compact. La lisibilité de l'écran reste néanmoins excellente.	Photos et vidéos sont superbement restituées, mais c'est sur les textes qu'elle offre un réel gain de confort de lecture.	Son innovation majeure est son stylet, qui utilise une technologie identique à celle des tablettes graphiques. La précision des tracés est excellente.

Memeup	Archos	Asus
SlidePad 9716 NG	**101 XS**	**Transformer Pad TF300**
279 € en 16 Go	**379 € en 16 Go**	**399 € en 32 Go (sans dock)**
9,7" (246 mm) 4/3, 1024 x 768	10,1" (256 mm) 16/9, 1280 x 800	10,1" (256 mm) 16/9, 1280 x 800
Rockchip RK2918-cortex A8 à 1GHz	OMAP 4470 à 1,5 GHz	NVIDIA Tegra 3 quadruple cœur à 1,2 GHz
Android 4.0	Android 4.0.3 évolutif 4.1	Android 4.0
Jusqu'à 32 Go par micro SD	Jusqu'à 128 Go par micro SD	Par micro SD (maxi non précisé)
2 mégapixels	Compatible HD 720p	8 mégapixels (photo) + Webcam 1,2 mégapixel
USB, mini HDMI, sortie casque	USB, mini HDMI, sortie casque	Micro HDMI, sortie casque
Wi-Fi b/g/n	Wi-Fi, Bluetooth 4	Wi-Fi b/g/n, Bluetooth 3
6 h	10 h	10 h
240 x 187 x 8,9 mm	273 x 170 x 8 mm	263 x 280 x 10 mm
580 g	600 g	546 g
Taille écran, connectique complète	Clavier intégré dans le capot, fixations magnétiques	Stockage en ligne illimité, disponible en trois coloris

Parmi les tablettes de la nouvelle génération de Memeup, ce modèle est celui qui est doté du plus grand écran. L'autonomie est un peu en retrait.

Le clavier ultrafin fait office de couvercle de protection. Par ailleurs, grâce à un jeu d'aimants, il se transforme en « dock ».

Déclinée en rouge, bleu ou argent, cette tablette atteint des records d'autonomie, grâce à son clavier doté d'une batterie auxiliaire.

Acer	Acer	Asus
Iconia Tab W510	**Iconia Tab W700**	**Transformer Pad Infinity TF700**
599 € en 64 Go	**599 € en 64 Go**	**599 € en 32 Go**
10,1" (256 mm) 16/9, 1366 × 768	11,6" (295 mm) 16/9, 1920 × 1080	10,1" (256 mm) 16/10, 1920 × 1200
Intel Athom 2760 à 1,5 GHz	Intel cœur i3-2365M à 1,4 GHz	NVIDIA Tegra3 « 4 plus 1 »
Windows 8, 32 bits	Windows 8, 64 bits	Android 4.0
jusqu'à 32 Go par Micro SD	Non	Par micro SD (maxi non précisé)
8 mégapixels (photo) + Webcam 2 mégapixels	5 mégapixels (photo) + Webcam 1,3 mégapixel	8 mégapixels (photo) + Webcam 2 mégapixels
Micro USB, micro HDMI, sortie casque	USB 3, Micro HDMI, sortie casque	Micro HDMI, sortie casque
Wi-Fi b/g/n, Bluetooth 4	Wi-Fi b/g/n, Bluetooth 4	Wi-Fi b/g/n, Bluetooth 3
18 h	10 h	14 h
258 × 167 × 8,8 mm	295 × 191 × 11,9 mm	263 × 181 × 8,5 mm
620 g	950 g	598 g
Clavier avec batterie auxiliaire, Windows 8	Taille et résolution de l'écran, clavier sans fil fourni	Qualité de l'écran, batterie auxiliaire dans le clavier

Une des premières tablettes sous Windows 8. Le clavier intègre une batterie qui renforce son autonomie.

Une déclinaison « grand écran » du modèle précédent aussi efficace qu'un ordinateur portable une fois doté du dock optionnel (100 €).

Le grand écran procure un excellent confort de vision pour les vidéos comme pour les textes, et la puissance du processeur offre un bon comportement sur les jeux vidéo.

C'EST DÉJÀ DEMAIN

LA CHASSE AUX ONDES

Conçue par Pong, cette coque ne se contente pas de protéger : elle dispose d'un guide d'onde interne qui redirige les ondes. Outre le fait que l'utilisateur se trouve moins exposé, le téléphone capte mieux le réseau. Résultat ? Cela permettrait d'accoître l'autonomie de l'iPhone. Existe pour de nombreux modèles de smartphones.

Prix indicatif : à partir de 49 €

LE SMARTPHONE DONNE LE POIDS

Surveillez votre poids sur votre téléphone grâce à ce nouveau pèse-personne Withings qui se connecte très simplement en Wi-Fi ou en Bluetooth avec un ordinateur ou un smartphone. Il reconnaît automatiquement l'utilisateur et suit avec précision l'évolution de sa courbe de poids ainsi que de son indice de masse corporelle.

Prix indicatif : 119,95 €

GÉANT, L'ÉCRAN !

Avec le KD-84X9005, Sony présente le plus grand écran LCD ultra-haute définition. Son image, au standard 4K soit 3840 × 2160 pixels, dispose d'une diagonale de 2,134 m. Compatible 3D polarisée, ce téléviseur est bien sûr à réserver aux salons les plus vastes.

Prix non encore fixé

Soleil noir australien

Où sont les planètes ?

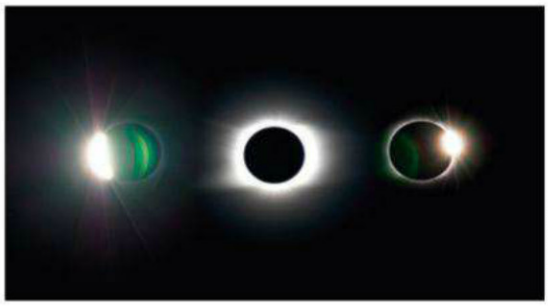
Mercure est toujours trop basse pour être observée le soir en début de mois. Elle est en conjonction inférieure avec le Soleil le 17, puis elle se glisse dans le ciel de l'aube. Vous pouvez la chercher à l'est-sud-est après le 25.

Vénus ne quitte la Vierge pour la Balance qu'à la fin du mois et se lève toujours plus de trois heures avant le Soleil le 1er et de deux heures et demie avant le 30. L'orientation de l'écliptique dans le ciel matinal ne lui est plus aussi favorable et la baisse de 7° de son élongation solaire se traduit par une perte de hauteur comparable à la fin de la nuit. Vous la trouverez pourtant sans peine au-dessus de l'horizon est-sud-est grâce à son éclat puissant (magnitude -4).

Mars se rapproche de la position apparente du Soleil, son élongation diminue d'environ 8°, mais le redressement de l'écliptique le soir lui permet de se coucher près de deux heures après le départ du disque solaire tout au long du mois.

Jupiter se lève dans le Taureau moins de deux heures après le départ du Soleil le 1er et pratiquement au même instant le 30. Sa magnitude atteint -2,8 et son diamètre apparent équatorial culmine en fin de mois. Peu avant l'aube, Vénus à l'est-sud-est et Jupiter à l'ouest-nord-ouest sont deux phares qui balisent la voûte céleste. Le mois précédant l'opposition est naturellement remarquable pour l'observation de cette planète géante.

Saturne est de retour dans le ciel de l'aube. Elle se lève une demi-heure avant le Soleil le 1er et près de trois heures avant le 30. Il devrait être possible de la repérer à partir du 10, une heure avant l'arrivée du disque solaire, au ras d'un horizon est-sud-est parfaitement dégagé.



GUILLAUME CANNAT

La seule éclipse totale de Soleil de cette année est visible le 14 novembre en Australie.

Phénomènes à noter

Le 13 et le 14 novembre, la Nouvelle Lune a rendez-vous avec le Soleil pour la seule éclipse totale de l'année. Pour l'admirer, vous devez vous rendre Australie car, avec un maximum qui se produit au large de la Nouvelle-Zélande, cette éclipse se déroule aux antipodes de l'Europe. Le Queensland, au nord-est de l'Australie, est la région la plus facile d'accès pour voir ce phénomène, une heure environ après le lever du Soleil.

Où se trouve l'ISS ?

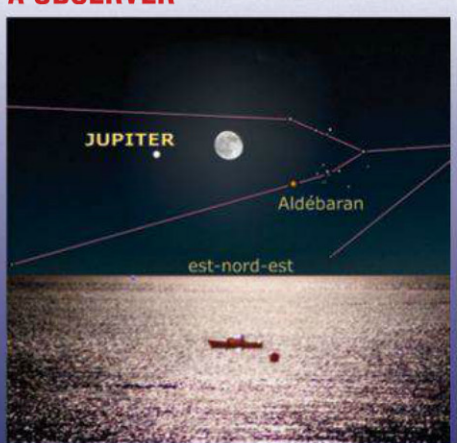
La Station spatiale internationale est visible à l'œil nu en fin de nuit à partir du 11, vous pouvez suivre jusqu'à 2 passages par jour en France métropolitaine. Pour obtenir des horaires de passages précis, consultez ce site : www.leguideduciel.net/on2012/

ZOOM

ECLIPSE ET CONJONCTION

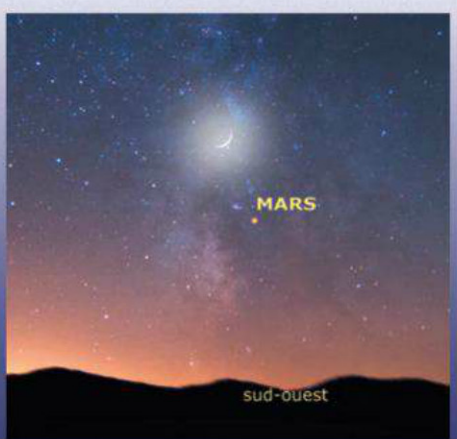
La Pleine Lune qui se lève à l'est-nord-est le mercredi 28 au soir est la plus petite de l'année. Elle est, en outre, partiellement éclipsée par la pénombre de la Terre, ce qui atténue faiblement l'éclat de son quart sud-ouest. Durant toute la soirée, elle se rapproche de la position apparente de Jupiter et, peu après minuit, ces deux astres sont splendides à moins d'un degré d'écart. Ils dominent alors l'horizon sud-ouest de plus de 60°.

A OBSERVER



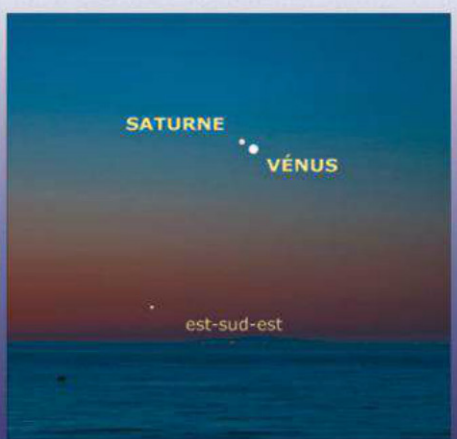
Le 1er, deux heures après le coucher du Soleil

La Lune se hisse au-dessus de l'horizon est-nord-est en compagnie de l'éclatante Jupiter. Ces deux astres voguent à 1° d'écart en cours de nuit.



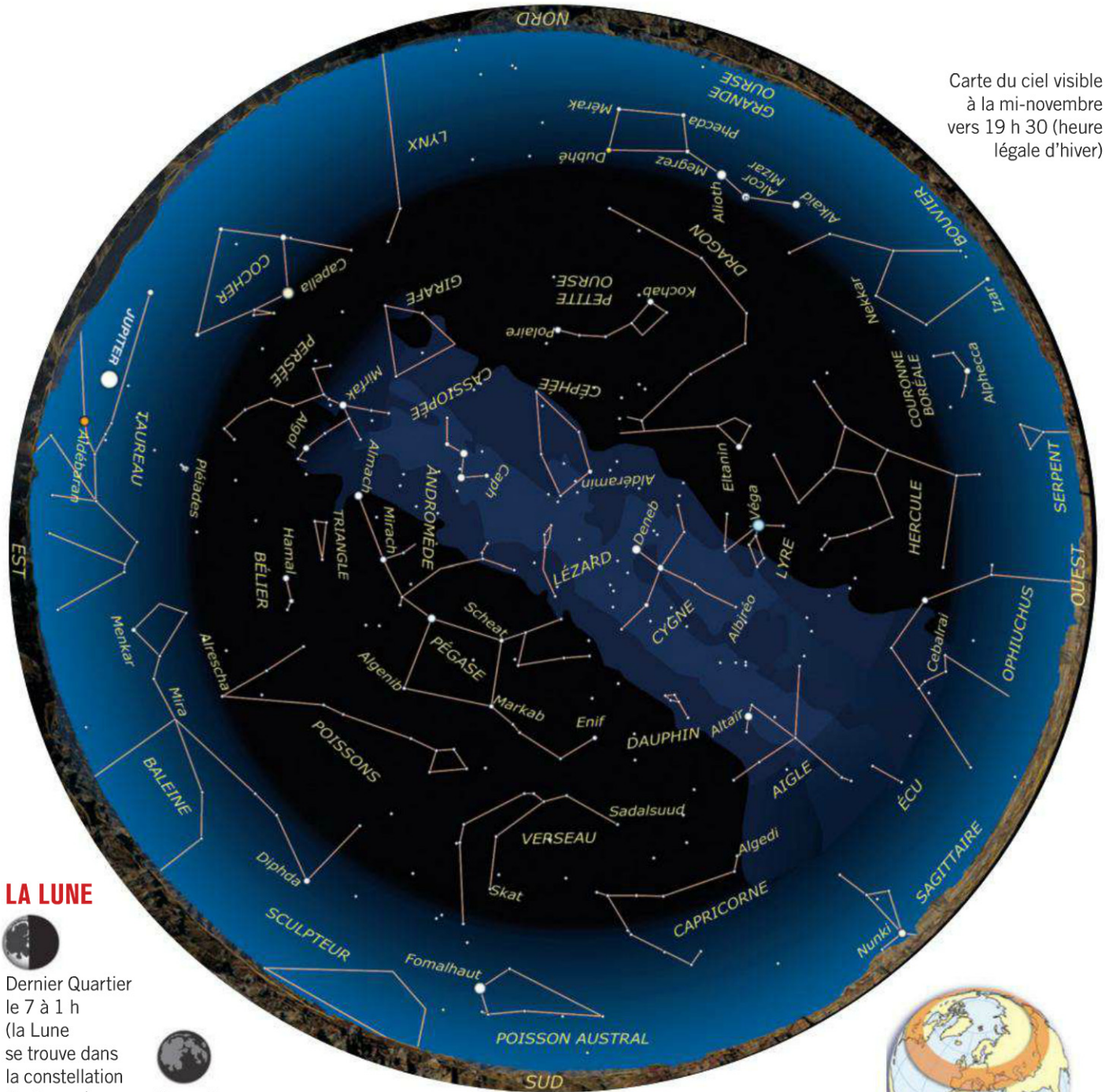
Le 16, une heure et quart après le coucher du Soleil

Le croissant de la jeune Lune domine Mars au sud-ouest. La planète se situe actuellement juste à côté du centre de la galaxie, dans le Sagittaire.



Le 27, une heure et demie avant le lever du Soleil

Ne manquez pas la paire serrée formée par les planètes Vénus et Saturne à une dizaine de degrés de hauteur au-dessus de l'horizon est-sud-est.



Carte du ciel visible à la mi-novembre vers 19 h 30 (heure légale d'hiver)

LA LUNE

Dernier Quartier le 7 à 1 h (la Lune se trouve dans la constellation du Cancer)

Nouvelle Lune le 13 à 23 h (Balance)

Premier Quartier le 20 à 15 h (Verseau)

Pleine Lune le 28 à 15 h (Taureau)

A Paris, le Soleil se lève à 7 h 38 le 1er novembre et à 8 h 21 le 30 ; il se couche à 17 h 29 le 1er et à 16 h 56 le 30.

COMMENT UTILISER CETTE CARTE

Faites tourner votre magazine sur lui-même, de façon que le nom de la direction dans laquelle vous observez soit écrit à l'endroit. Les constellations et les étoiles que vous retrouverez dans le ciel qui vous fait face sont toutes celles dont le nom est lisible sans trop pencher la tête. La position des planètes visibles à l'œil nu est indiquée pour le 15 du mois.

D'OÙ VOIR LE CIEL

Notre carte, tracée pour une latitude de 45° nord, montre le ciel visible en France métropolitaine, et plus largement en Europe et dans le monde, à l'intérieur d'une bande s'étendant de 38 à 52° de latitude nord. L'étoile Polaire sera plus haute dans le ciel si vous êtes à plus de 45° nord, et plus basse dans le cas contraire.

Tous les instants de cette rubrique sont exprimés en heure légale d'hiver (Temps Universel + 1 h).

PARIS

Le musée Curie rayonne à nouveau

Après deux ans de travaux, le musée Curie rouvre ses portes. Un lieu chargé d'histoire au cœur de Paris, à découvrir absolument.

PHOTOS : CHRISTOPHE HARGOUES / INSTITUT CURIE

Dans un cadre moderne, la nouvelle muséographie met en valeur les instruments scientifiques qui ont permis la découverte de la radioactivité artificielle. Le laboratoire personnel de Marie Curie (à droite).

En 1909, Marie Curie a perdu son mari depuis trois ans et elle a repris son poste de professeure à la Sorbonne, C'est alors qu'elle voit se réaliser le rêve professionnel de son couple : l'édification d'un laboratoire consacré à leurs travaux et où ils pourraient accueillir d'autres scientifiques, notamment des biologistes et des médecins. C'est l'institut du Radium. Le bâtiment existe toujours. Il a abrité le couple Joliot-Curie et l'une des plus importantes expériences de physique des années 1930 : celle qui allait conduire à la découverte de la radioactivité artificielle.

Aujourd'hui, le petit (150 m^2) musée Curie occupe une partie du rez-de-chaussée. Un legs inattendu d'un million de dollars au décès de la fille cadette de Pierre et Marie Curie a permis de rafraîchir les lieux. Deux ans de travaux qui ont paradoxalement débarrassé les salles de la dernière marque de la présence des Curie : sols et paillasses gardaient des traces de radioactivité. Traces invisibles mais mesurables, dont la persistance ne faisait pas bon ménage avec la volonté de faire venir du public. Il n'en reste plus rien.

En revanche, aux côtés d'archives inédites, les instruments scientifiques, dont la plupart ont été imaginés et fabriqués sur place, ont été mis en valeur. On découvre l'appareil qui a permis à Frédéric Joliot-Curie de mesurer la radioactivité pour ses travaux de doctorat. Mieux, cet instrument, parfaitement fonctionnel, permet de « voir » la radioactivité dégagée par une montre au cadran peint au radium pour briller la nuit (à découvrir aux cours des animations). Le musée est désormais aussi ouvert sur le petit jardin, voulu par Marie Curie pour y discuter avec ses confrères au milieu des fleurs (qu'elle entretenait elle-même), et qui accueille une petite exposition temporaire (jusqu'au 10 novembre) de photographies d'époque des lieux confrontés à des clichés contemporains.

Mathieu Nowak

Musée Curie, 1, rue Pierre-et-Marie-Curie, du mercredi au samedi, de 13 h à 17 h. Rens. : 01.56.24.55.33.

EXPOSITIONS

PARIS

Georges Cuvier, aux origines de la paléontologie
Le Muséum présente les manuscrits et les dessins préparatoires de l'ouvrage de Georges Cuvier, *Recherches sur les ossements fossiles*, paru il y a 200 ans.
Muséum national d'histoire naturelle, cabinet d'histoire du Jardin des plantes, 57, rue Cuvier, jusqu'au 14 janvier 2013. Rens. : 01.40.79.30.00.

Et l'homme créa le robot
Un tour d'horizon de l'histoire et des perspectives de la robotique, des robots domestiques aux robots industriels, avec une incursion dans la science-fiction.
Musée des Arts et Métiers, 60, rue Réaumur, du 30 octobre au 3 mars 2013. Rens. : 01.53.01.82.00.

Dinosaure, la vie en grand
Lire p. 65.
Muséum national d'histoire naturelle, Grande Galerie de l'évolution, jusqu'au 13 mai 2013. Rens. : 01.40.79.54.79.

« Et ils s'émerveillèrent… » Croatie médiévale
En prenant pour titre l'expression censée décrire l'impression des pèlerins découvrant l'actuelle Zada au début du XIIIe siècle, cette exposition veut faire redécouvrir la fascination des hommes du Moyen Age pour les trésors de la Croatie.
Musée de Cluny, 6, place Paul-Painlevé, jusqu'au 7 janvier 2013. Rens. : 01.53.73.78.16.

Le thé à Guimet
Les moments forts de l'histoire du thé : son expansion sur tout le continent asiatique, les enjeux commerciaux qu'il suscita, les cultures et les usages associés…
Musée des Arts asiatiques, 6, place d'Iéna, jusqu'au 7 janvier 2013. 01.56.52.53.00.

L'âge d'or des cartes marines
Avec plus de 500 pièces, la Bibliothèque nationale de France possède la plus grande collection de cartes marines enluminées sur parchemin. Une sélection est ici présentée avec des globes, objets d'arts, animaux naturalisés, etc. pour évoquer les découvertes de l'Afrique, de l'Asie, des Amériques et du Pacifique.
Bibliothèque François-Mitterrand, Grande Galerie, jusqu'au 27 janvier 2013. Rens. : 01.53.79.49.49.

Théière, grès, décor végétal ajouré, Chine, Yixing, (Jiangsu), XVIIIe siècle.

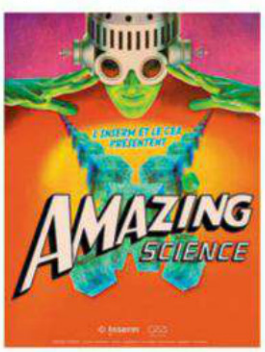
RMN-GRAND PALAIS MUSÉE GUIMET, PARIS / THIERRY OLLIVIER

LYON

Péplum
Deux musées invitent à porter un « regard nouveau sur le péplum » : à travers la fiction cinématographique sur l'Antiquité dans

le premier ; à travers une mise en scène des collections en rapport avec l'usage des objets sur les écrans dans le second.
Musées gallo-romains de Saint-Romain-en-Gal (route départemental 502) et Lyon-Fourvière (17, rue Cléberg), jusqu'au 7 avril 2013.
Rens. : 04.74.53.74.01 / 04.72.38.49.30.

NANTES
Amazing Science
Clin d'œil à la culture SF (science-fiction) des magazines américains des années 1930, l'Inserm et le CEA explorent la frontière entre la culture pulp, la science-fiction et la recherche scientifique.
Utopiales de Nantes, La Cité Nantes Events Center, 5, rue de Valmy, du 7 au 12 novembre.
Rens. : 02.51.88.20.00



RENNES
Tous vivants, tous différents
Cette nouvelle exposition permanente destinée aux jeunes à partir de 6 ans veut leur faire découvrir la biodiversité terrestre au travers notamment d'expériences tactiles et sensorielles.
Espace des sciences, Les Champs libres, salle de la Terre, cours des Alliés.
Rens. : 02.23.40.66.00.

STRASBOURG
Croquer à belles dents
Une exploration des collections du musée sous le signe de la dentition pour établir une relation entre la forme des dents, la denture et le régime alimentaire de certains vertébrés.
Musée zoologique, 29, bd de la Victoire, jusqu'au 6 janvier 2013.
Rens. : 03.68.85.04.85.

CONFÉRENCES

PARIS
Le ciel va-t-il nous tomber sur la tête ?
Une journée thématique consacrée aux collisions que pourrait subir la Terre à même de mettre notre espèce en péril. Avec la participation du paléontologue Sylvain Bouley et de l'astronome François Colas.
Cité des sciences et de l'industrie, 30, avenue Corentin-Cariou, le 3 novembre, de 14 h 30 à 19 h.
Rens. : 01.40.05.70.00.

Hommage à Henri Poincaré
Par le mathématicien Jean-Christophe Yoccoz.
Institut de France, Grande salle des séances, 23, quai de Conti, le 6 novembre à 14 h 30.
Rens. 01.44.41.43.66.

Les aléas de la prévision des tsunamis
Par Pascale Bernard, de l'Institut de physique du globe de Paris.
Ecole normale supérieure, salle Dussane, 45, rue d'Ulm, le 7 novembre à 14 h 30.
Rens. : 01.43.26.59.02.

Notre futur dépend de l'espace
Par Gérard Brachet, ancien directeur général du Cnes, président de l'Académie de l'air et de l'espace, Frédérique Rémy, responsable de l'équipe cryosphère du Laboratoire d'études en géophysique et océanographie spatiales (Legos) de Toulouse, et Matthieu Gounelle, du Muséum national d'histoire naturelle de Paris.
Palais de la Découverte, salle de conférences, avenue Franklin-Delano-Roosevelt, le 8 novembre, de 14 h à 17 h.
Rens. : 01.56.43.20.20.

Biologie de synthèse ou l'art de fabriquer le vivant
Par Catherine Bourgain, chargée de recherches à l'Inserm, François Képès, directeur du programme d'épigénomique au CNRS, et Ali Saïb, coordonnateur de l'Observatoire de la biologie de synthèse.
Musée des Arts et Métiers, salle de conférences, 60, rue Réaumur, le 15 novembre à 18 h 30.
Rens. : 01.53.01.82.70.

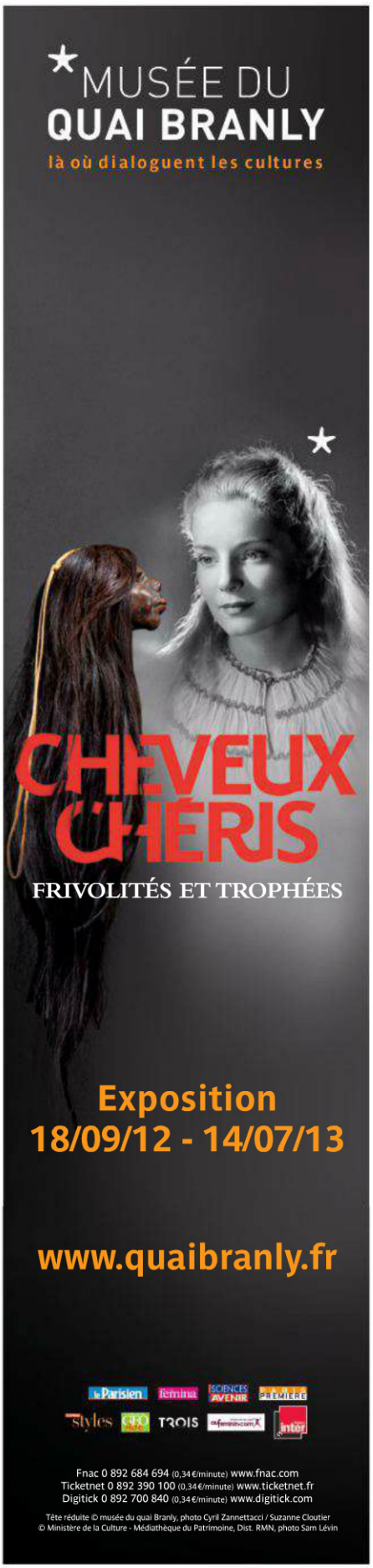
SCIENCES ET AVENIR

PARIS
Physique et interrogations fondamentales
Treizième édition de cette rencontre organisée par la Société française de physique et la Bibliothèque nationale de France, autour du thème « Les nouvelles lumières, comment la physique continue d'éclairer le monde », avec une table ronde finale sur « La gouvernance éclairée ». *(Lire aussi l'interview de Vincent Bontems, chercheur au Larsim-CEA, p. 25.)*
Bibliothèque nationale de France, site François Mitterrand, grand auditorium, hall est, quai François-Mauriac, le 24 novembre.
Rens. : 06.64.83.08.25.
http://sfp.in2p3.fr/CP/pifn/fren13.htm

Le lait en Europe et en Inde
Par François Vatin, sociologue et économiste, et Carole Ferret, ethnologue.
Musée du Quai-Branly, théâtre Claude Lévi-Strauss, 37, quai Branly, le 22 novembre à 18 h 30.
Rens. : 01.56.61.70.00.

VILLENEUVE-D'ASCQ
Systèmes énergétiques et sociétés
Par Jean-Paul Deléage, physicien et historien de l'écologie, et Céline Toubin, maître de conférences à l'université Lille-1.
Université Lille-1, espace culture, Cité scientifique, le 20 novembre à 18 h 30.
03.20.33.61.12.

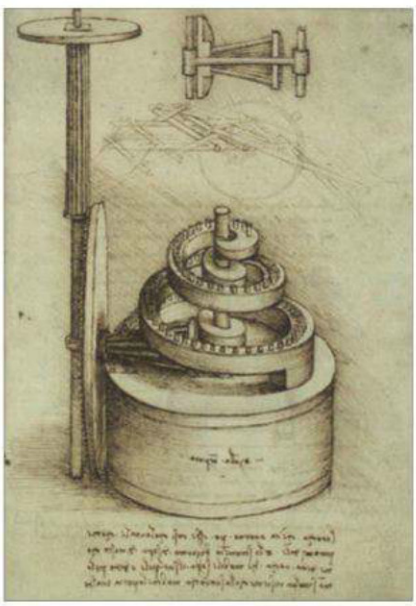
RENNES
L'eau, une molécule oubliée dans la biodiversité ?
Par Gilles Bœuf, biologiste à l'université Pierre-et-Marie-Curie et président du Muséum national d'histoire naturelle de Paris.
Espace des sciences, Les Champs libres, cours des Alliés, le 6 novembre à 20 h 30.
Rens. : 02.23.40.66.00.



EXPOSITION PARIS

Léonard, moderne avant l'heure

La Cité des sciences célèbre l'artiste de la Renaissance, mais aussi l'ingénieur, inspiré par le monde du vivant.



ALESSANDRO NASSIRI/MUSEO NAZIONALE DELLA SCIENZA E DELLA TECNOLOGIA LEONARDO DA VINCI, MILANO - BIBLIOTECA NATIONAL, MADRID, CORNELLE UNIVERSITY LIBRARY, ITHACA, NEW YORK

Maquette de la vis aérienne imaginée par Léonard de Vinci, sorte d'aéronef à hélice à vol vertical. Dessin d'un ressort compensé avec roues de champs, Codex de Madrid (à droite).

Que dire qui n'a pas été dit, montrer ce qui n'a pas été montré sur Léonard de Vinci ? Une question légitime alors qu'une grande exposition ouvre ses portes à Paris, pour laquelle *Sciences et Avenir* est partenaire, et qu'une autre se poursuit à Rome. On constate que l'heure est à la « déconstruction du mythe » : Léonard de Vinci n'est pas l'« extraterrestre » que l'on présente souvent ; il s'inscrit dans une tradition et dans l'effervescence de la Renaissance. En revanche, il fut exceptionnel dans l'originalité de sa méthode – fondée sur l'observation de la nature, et en particulier des phénomènes en mouvement – indéniablement moderne.

Que ce soit pour peindre un sujet ou pour réaliser une machine ingénieuse ou fonctionnelle, Léonard s'inspire toujours du monde vivant. Ainsi, il étudie dans ses carnets l'anatomie humaine d'après la dissection de cadavres, pour peindre ensuite les corps les plus réalistes et sublimes possibles. Il étudie également le vol des oiseaux et le vent, afin de tenter de réaliser la première machine volante.

« Mais, à l'époque, le niveau scientifique est faible, proche de celui du Moyen Age ; d'autant plus que Léonard, fils illégitime, n'a pas suivi de formation humaniste classique », explique Eric Lapie, commissaire général de l'exposition parisienne. De fait, son génie scientifique n'est pas tant dans sa capacité à théoriser des phénomènes observés, mais dans sa démarche. D'une part, la qualité de des dessins de Léonard de Vinci est extraordinaire ; ils rendent parfaitement l'impression de mouvement qui l'intéresse. D'autre part, il observe avec minutie les êtres vivants pour concevoir des machines audacieuses, tel son *ornithopter*, avec ses ailes de chauve-souris.

Mais cette démarche scientifique, appelée biomimétisme, n'a connu un véritable essor que dans les années 1960. Comprenant que la biodiversité recèle nombre de solutions technologiques, les chercheurs découvrent alors le Velcro, le Nylon, , etc. Et s'il ne faut pas voir en Léonard de Vinci un inventeur de machines modernes (on lui a parfois attribué, à tort, la paternité de l'hélicoptère…), on peut toutefois reconnaître dans sa pensée originale les qualités d'un « bionicien ».

C'est donc à un regard neuf sur l'ingénieur qu'invitent les deux expositions. Celle de la Cité des sciences jetant en plus des ponts vers les autres facettes du personnage, et notamment sa peinture. **Morgane Kergoat**

Léonard de Vinci : projets, dessins, machines

L'exposition parisienne a l'ambition de présenter le personnage pris dans son ensemble : artiste, ingénieur, scientifique. On peut voir une quarantaine de machines réalisés dans les années 1950 (hélas! non manipulables) et découvrir d'autres travaux au travers de codex numérisés, d'animations 3D, de maquettes, etc. Une salle est consacrée à la « bio-inspiration » de Léonard de Vinci éclairée par la recherche actuelle.

Cité des sciences et de l'industrie, 30, av. Corentin-Cariou, jusqu'au 18 août 2013. Rens. : 01.40.05.70.00.
25 entrées pour 2 personnes à gagner avec *Sciences et Avenir*. Tél. : 01.40.26.86.11.
Offre limitée aux 25 premiers appels.

Leonardo Da Vinci, il genio e le invenzioni
(Léonard de Vinci, le génie et ses inventions)

Réaliser aujourd'hui ce que le génie avait dessiné et conçu il y a près de 600 ans : telle est la finalité de cette exposition. On y trouve près de 45 machines en bois réalisées par une équipe de chercheurs et d'artisans florentins, regroupées par thème : air, architecture, guerre (dont un étonnant char d'assaut d'un poids de 9 tonnes et de 6 mètres de diamètre), eau et mécanique. Dans cette dernière partie, la plupart des œuvres sont manipulables par le public.

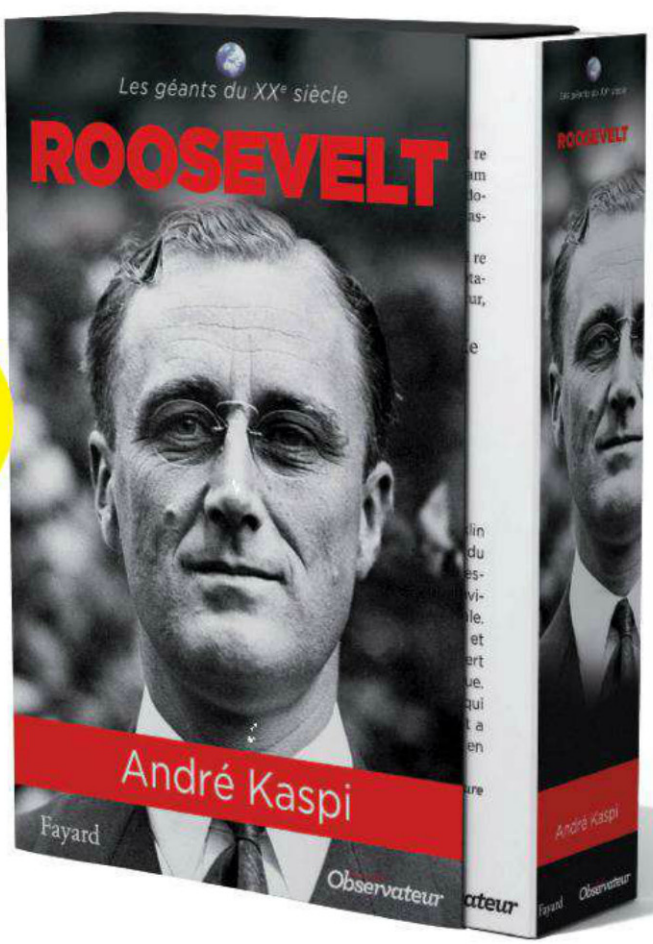
Rome, palais de la Chancellerie, Piazza della Cancelleria, jusqu'au 30 avril 2014.
Rens. : +39.06.69.88.76.16.

Le nouvel **Observateur** et les Editions **Fayard** présentent

LES GÉANTS
DU XXe SIÈCLE

Une collection des meilleures biographies dirigée par Laurent Joffrin

N° 4 ROOSEVELT
par André Kaspi



9€90
SEULEMENT

Dans vos points de vente habituels

540 pages

« Homme de tous les dons, il est brisé à 39 ans par la maladie et c'est en paralytique qu'il accède à la Maison-Blanche. Fils de milliardaire, neveu d'un président de droite, il a promu les grandes lois sociales américaines, entraîné l'Amérique dans la guerre à son insu et marqué le siècle de son empreinte. »

Laurent Joffrin,
directeur de la publication du « Nouvel Observateur »

avec radio classique

Visuels non contractuels © Dominique Pasquet

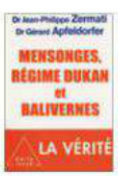
ET AUSSI DISPONIBLE SUR LISEUSES KINDLE AMAZON, IPAD, IPHONE, PC, MAC...

■ *Le buzz du mois*

Haro sur les « diétogourous »

A tous ceux qui, un jour, ont succombé aux promesses d'amaigrissement du régime Dukan et qui – effet yo-yo oblige – ont repris tous les kilos perdus…, les Drs Jean-Philippe Zermati et Gérard Apfeldorfer adressent un seul message libérateur : *« Déculpabilisez ! »*.
Car, selon ces fondateurs du Groupe de réflexion sur l'obésité et le surpoids (Gros), le Dr Pierre Dukan, aujourd'hui à la tête d'un empire financier, n'est rien d'autre qu'un « diétogourou ». Dans ce livre 100 % à charge, les auteurs, experts en nutrition, expliquent pourquoi son régime, vendu à coups de boniments à des millions d'exemplaires, est voué à l'échec. Ils y défendent une autre vision de l'alimentation fondée, elle, sur l'écoute attentive de ses émotions face à l'assiette. Résultat : un cocktail d'humour vache et de vraie science pour saisir les subtils mécanismes de la reprise des kilos perdus *(lire* S. et A. n° 773, *juillet 2011)* mais aussi dénoncer le grand projet « citoyen » du bon Dr Dukan qui veut faire maigrir le monde tout en stigmatisant les « gros » ! Une lecture salutaire pour rester en bonne santé sans engraisser les autres. ✪

Sylvie Riou-Milliot

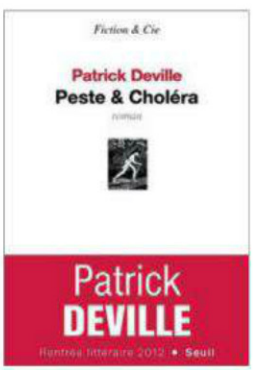


Mensonges, régime Dukan et balivernes, Drs Jean-Philippe Zermati et Gérard Apfeldorfer, Odile Jacob, 184 p., 12,90 €

Le savant aux semelles de vent

Un roman tire de l'oubli Alexandre Yersin, génial découvreur du bacille de la peste et grand voyageur.

Alexandre Yersin fuit. La gloire, les honneurs, les fauteuils lustrés de la respectabilité médicale, le prestige académique de la recherche scientifique, au plus haut en ce début du XXe siècle où la vaccination, inventée par son « maître » le grand Louis Pasteur, est en passe de sauver le monde des plus féroces créatures microbiennes. Preuve magistrale de cet évanouissement volontaire : l'histoire n'a pas – ou peu – retenu son nom, sinon dans l'appellation scientifique de *Yersinia pestis*, le bacille de la peste. Car c'est bien ce presque anonyme qui, en découvrant le responsable de la terrible maladie, a mis fin à l'un des pires fléaux de l'humanité. Mais, pour le reste, que savons-nous de lui ? Qui sait qu'il figure parmi les esprits les plus brillants de son temps, sinon le romancier Patrick Deville qui s'attache avec brio à le sortir de l'ombre ? Loin de l'image d'Epinal du microbiologiste penché sur sa paillasse, il nous fait découvrir un extraordinaire aventurier-voyageur, plus proche de Livingstone que d'un pastorien classique.



Peste et Choléra, Patrick Deville, Seuil, 230 p., 18 €

Alexandre Yersin s'est échappé. Et il faut aller très loin pour retrouver la piste de ce natif du canton de Vaud, en Suisse, se dérobant à la France autant qu'aux lambris de son siècle. Car c'est en Asie du Sud-Est que son nom aura laissé les traces les plus tangibles, en Indochine où il trouva son véritable « chez lui » et fonda à Nha Trang, une communauté scientifique et agricole. Là, pendant des décennies, il soigna gratuitement les plus démunis, à l'image du docteur Destouches, alias Louis-Ferdinand Céline, que l'auteur convoque pour une évocation romanesque. Il y inventa l'ancêtre du Coca-Cola (le cola-cannelle), fit le commerce de l'hévéa pour vendre du caoutchouc à Michelin, produisit de la quinine et créa un centre d'étude des épizooties. C'est là qu'il repose adulé aujourd'hui encore comme un saint.

Toute la force du roman de Patrick Deville repose sur son écriture, épousant les entrelacs d'une vie à multiples facettes. Ainsi ne consacre-t-il qu'un court épisode, truculent, à la découverte du bacille de la peste, car l'essentiel de son héros est ailleurs, dans la foultitude de projets qui brassèrent sa vie encore plus vivement qu'un bouillon de culture. Yersin a fui l'Occident comme la peste avant que celle-ci ne le rattrape et ne le force à mettre ses immenses talents de chercheur à contribution. *« Ce n'est pas une vie que de ne pas bouger ! »* se justifiait-il auprès de sa mère, l'une des deux seules femmes de sa vie avec sa sœur, avec qui il a entretenu une riche correspondance, des milliers de lettres, que l'auteur a exhumée comme un trésor perdu dans les archives de l'Institut Pasteur à Paris. Nous avons retrouvé Alexandre Yersin, grâce à Patrick Deville. Et le succès de ce roman, qui figure sur la liste des ouvrages susceptibles de recevoir le prix Goncourt, le rend enfin à la mémoire collective. ✪

Hervé Ratel

■ *Le beau livre*

Les couleurs du temps

C'est un frémissement agréable que le lecteur ressent lorsque son esprit parvient à cheminer dans des champs de pensée en principe éloignés. Il en est ainsi de la science et de l'art, réunis avec bonheur dans ce livre très justement illustré. L'idée vient d'Axel Kahn. Le très réputé généticien déroule dans une écriture limpide, jamais alourdie par la précision du spécialiste, le fil qui conduit le psychisme humain à appréhender l'idée du temps qui passe. Quelle est la valeur du temps ? *Quid* de l'apparition de la notion d'adolescence ? La mort a-t-elle été inventée par l'évolution ? Ces réflexions scientifiques sont ponctuées par les éclairages artistiques et ethnologiques de l'historien Yvan Brohard, et accompagnées d'une iconographie originale, incisive, évocatrice à elle seule de la profondeur du propos. ✪ **Andreina De Bei**

PATRICK DE WILDE/ ED. DE LA MARTINIÈRE

Les Ages de la vie, Axel Kahn et Yvan Brohard, La Martinière, 240 p., 39 €

Guide des 4000 médicaments utiles, inutiles ou dangereux, Prs Philippe Even, Bernard Debré, 906 p., 23,80 €

Santé publique

Des médicaments en état critique

Un médicament sur deux inutile, un sur cinq mal toléré et cinq sur cent potentiellement dangereux. Ce constat au vitriol est livré par deux spécialistes de renom, les Prs Philippe Even et Bernard Debré, qui alertent sur l'efficacité et les risques des molécules. En établissant ce guide – d'une lecture à la fois pratique et austère – les auteurs disent vouloir « réveiller » médecins et patients. Résultat : un grand ménage radical dans l'armoire à pharmacie. Si l'entreprise est utile, le constat, lui, n'est malheureusement pas nouveau. Déjà en 1997, un autre ouvrage (*Le Guide de tous les médicaments* de Jean-Paul Giroud et Charles Hagège, éditions du Rocher) avait fait le même constat ! Effet Mediator oblige, celui-ci contribuera peut-être à changer enfin le regard de chacun – particuliers mais aussi médecins – sur les prescriptions, les praticiens français étant souvent pointés du doigt pour la délivrance excessive de médicaments et leur manque de résistance aux demandes pressantes de malades. Mais, comme tout coup de pied dans la fourmilière, ce guide n'échappe pas aux excès. Ainsi, l'Anafranil (antidépresseur) et la Ritaline qui, prescrits à bon escient, en ont aidé certains. En cas de doute sur un médicament à la lecture de cet ouvrage, il vaudra mieux en reparler avec son médecin avant d'arrêter abruptement tout traitement ! ✪ **S. R.-M.**

Biologie

Le Gène, un concept en évolution

Jean Deutsch, Seuil, 210 p., 18 €

Rien ne va plus pour le gène. Voilà encore peu, on pensait en avoir une définition claire : une portion d'ADN impliquée dans la fabrication ou la régulation d'une protéine. Mais cette définition ne suffit désormais plus et craque aux entournures. Avec la montée en force de l'épigénétique et de l'ARN, tout est à revoir. Concept « flou », le gène avait bien besoin d'une mise à plat des différentes définitions qui ont jalonné son existence depuis les petits pois du moine Mendel à la fin du XIXe siècle jusqu'au génie génétique moderne. ❖ **H. R.**

Sciences du passé

Archéologie, une histoire sans fin

Anne-Rose de Fontainieu, illustrations Aurore Callias, Gallimard Giboulées, 328 p., 25,50 €

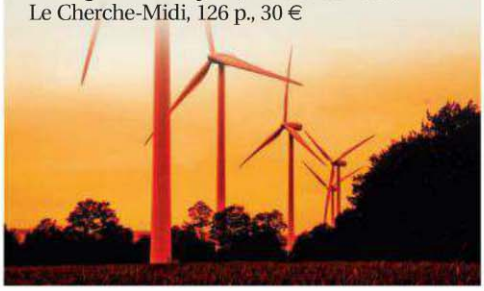
Homo erectus est-il le premier homme à être sorti d'Afrique ? Comment Howard Carter a-t-il découvert le tombeau de Toutankhamon ? Quels étaient les grands empires d'Amérique du Sud avant celui des Incas ? Autant de questions auxquelles répond l'archéologue Anne-Rose de Fontainieu, à partir des travaux les plus récents. S'adressant aux jeunes lecteurs, l'auteur présente dans une première partie, 14 des plus grandes découvertes du siècle, auxquelles succèdent, sous forme de dictionnaire, 495 définitions allant de A, pour Abbassides, à Z, comme Ziggourat. Un livre que l'on parcourt avec grand plaisir. Dès 12 ans. ✪ **B. A.**

Notre collaborateur publie

Produisez votre énergie !

« Nous sommes à la veille d'une révolution énergétique », explique Loïc Chauveau, collaborateur de *Sciences et Avenir*. Un sentiment s'impose : on ne peut plus continuer à gaspiller. Alors on isole, on utilise moins sa voiture, on a recours à des sources alternatives : biomasse, panneaux photovoltaïques, éoliennes… *« L'énergie plus rare et plus chère nous redonnera le goût de l'action citoyenne »*, parie l'auteur qui a suivi des initiatives privées ou collectives dans toute la France. Avec un coup de cœur pour celle de Méné, en Bretagne. Ce territoire enclavé aux sept bourgades et 6500 habitants a décidé de créer ses propres sources d'électricité. Soit du biogaz, issu d'usines de méthanisation au plus près des élevages de porcs. Des exemples à suivre. ✪ **Rachel Mulot**

L'Energie des citoyens, Loïc Chauveau, Le Cherche-Midi, 126 p., 30 €



MICHEL/SIPA

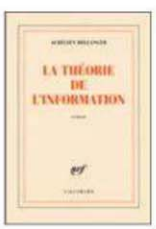
Technologies

Le roman de l'aventure numérique

Sous un titre qui fait référence à la théorie du mathématicien américain Claude Shannon, père de la cryptographie, Aurélien Bellanger livre un ovni littéraire. Plusieurs récits s'entrecroisent, qui auraient pu être menés indépendamment : celui de cette science de l'information, qui court entre les chapitres et offre de manière volontairement incompréhensible des fragments de textes mathématiques, prémices de ce monde numérique dans lequel se débat le héros, Pascal Ertanger. Puis le portrait de celui-ci, en flambeur timide et immature, incarnant quelques-uns des acteurs économiques qui nous sont familiers. Enfin, et c'est une vraie réussite, il y a l'aventure du numérique en France, pays du Minitel dont on a longtemps cru qu'il serait une passerelle solide vers l'Internet.

Aurélien Bellanger explique comment *« l'utopie du forum démocratique permanent »* qui dominait les premiers temps de cette aventure numérique a cédé devant *« l'utopie libérale d'un marché de célibataires »*. Ainsi le Minitel rose a explosé, entraînant dans son sillage le succès des 36.15 de la voyance, des guérisons magiques, puis la vente de produits bancaires et dérivés… Dans les décennies suivantes ont surgi l'invention du Web et du tout numérique, du smartphone et de ses « applis » et l'émergence d'un « cyberspace », univers où se réfugient tous les acteurs de l'économie numérique. Ces trois récits parallèles sont volontairement menés dans un style insipide : Aurélien Bellanger ne montre aucune velléité de parer sa plume de mots choisis. Les répétitions se suivent pour bien montrer qu'il ne s'agit pas de maladresse ou d'oubli mais d'un style impersonnel qu'il voudrait imposer, un peu comme l'avait fait en son temps la nouvelle vague cinématographique. Un pari réussi. ✪ **Azar Khalatbari**

EUGENE ISOPIX/SIPA



La Théorie de l'information, Aurélien Bellanger, Gallimard, 488 p., 22,5 €

La sélection DVD

Embarquement immédiat vers le cosmos

La Magie du cosmos, Etats-Unis, 2011, DVD Arte

Comment comprendre quelque chose qui ne ressemble à rien ? Pourquoi les chercheurs présentent-ils l'espace comme étant relatif, flexible, dynamique, inextricablement lié au temps ? Existe-t-il une distinction entre le passé, le présent et le futur ? Y a-t-il eu un début au temps ? Aura-t-il une fin ? Quelle est l'histoire du temps ? Et quel est l'avenir du futur ? Le passé a-t-il vraiment disparu ? Et le futur, existe-t-il déjà ? *« La distinction entre le passé, le présent et le futur ne sont qu'une illusion, quoique persistante »*, affirmait déjà Einstein. Ce que notre cerveau ressent comme l'écoulement du temps n'est-il qu'une illusion ? Le temps s'écoule-t-il comme une rivière gelée ? Existe-t-il des doubles de chaque objet ? Y compris de vous et moi ? Et si le Big Bang n'était pas un événement unique ? Et si de nouveaux univers naissaient constamment ? Et si notre univers était constitué de nombreuses réalités parallèles, comme dans les romans de science-fiction ?

Voilà quelques-unes des questions abordées par de grands physiciens dans cette mini-série, quatre films évoquant des concepts fondamentaux, souvent proches de l'abstraction, mais présentés de façon moderne et rythmée par le physicien Brian Greene, de la Columbia University à New York, auteur du fameux best-seller *La Magie du cosmos*. La réalisation, particulièrement pédagogique, cède à tous les standards les plus récents, parfois envahissants, alternant à un rythme soutenu voix *off*, belles illustrations (avec moult images de synthèse) et interventions d'universitaires. Force est de constater qu'avec une telle mise en images, même les mystères et les incongruités de la mécanique quantique se laissent regarder.

Yves Blanc

Cosmologie

Le Livre des univers

John Barrow, Dunod, 360 p., 27,50 €

La cosmologie actuelle envisage une hypothèse troublante : celle de l'existence de plusieurs univers aux propriétés différentes. Dans ce livre, John Barrow, mathématicien de Cambridge, explique avec brio comment l'idée a germé dans l'esprit des physiciens et décrit les univers possibles avec humour. Certains, comme le « swiss-cheese universe », l'Univers à bulles ont été définitivement abandonnés, d'autres en forme de tore ou de nœud ont le vent en poupe. De quoi rêver en les imaginant. ❖ **A. Kh.**

Histoire

La Bataille des trois empires, Lépante 1571

Alessandro Barbero, Flammarion, 684 p, 29 €

A l'automne 1571, la plus importante bataille navale de l'histoire moderne se déroule au large des côtes grecques. A Lépante vont s'affronter l'imposante flotte de l'Empire ottoman et celle de la Chrétienté : une coalition de galères de l'Espagne, du Saint-Siège, et de Venise. Exposant le point de vue de chaque belligérant, l'auteur narre à travers une formidable fresque les enjeux, et préparatifs d'une bataille qui conduisit à la victoire écrasante des chrétiens sur les Turcs. « *L'importance historique de Lépante tient surtout à son énorme impact émotif et la propagande qui s'ensuivit* », car dès 1573, une flotte ottomane encore plus importante que celle coulée dans le golfe de Lépante réapparaissait au large de la Tunisie. ❖ **B. A.**

Ecologie

Chroniques de la biopiraterie, du pillage au partage ?

Clara Delpas, Omniscience, 362 p., 19,90 €

Une enquête très documentée sur la privatisation du vivant. Du cas d'école de Coca-Cola – et ses plantes secrètes – à la tomate du ketchup, en passant par le riz basmati et le bois de rose amazonien. On y prend conscience que le sucre va disparaître, bientôt remplacé par la steévia et d'autres plantes édulcorantes. Clara Delpas – qui collabore régulièrement aux hors-série de *Sciences et Avenir* – suit ici le travail des ethnobotanistes mais aussi le combat de peuples autochtones qui s'organisent face au pillage. Une synthèse instructive alors que traités et conventions tentent de concilier la protection de la biodiversité, des identités culturelles et la mondialisation du commerce. ❖ **R. M.**

✪ Tous publics ❖ Public motivé

Le coin du film

L'optimisme en semis

L'agro-écologie peut-elle nourrir le monde ? Oui, répond Marie-Monique Robin après enquête – présentée dans un livre et un DVD – dans des exploitations très productives, sans pesticides ni engrais, du Malawi au Japon, en passant par le Mexique ou l'Allemagne. L'auteure de *Notre Poison quotidien* (2010) donne la parole à des scientifiques qui détaillent combien cette agriculture fait appel à des recherches pointues. Et rappelle les ravages du modèle industriel sur le plan environnemental et économique. Ce travail galvanisant montre la voie… mais laisse un peu sur sa faim. A quel point le système de petites exploitations fournissant des consommateurs locaux est-il importable en France ? La généralisation de la « culture bio » – en Ile-de-France comme dans les grandes plaines de monocultures – demanderait une révolution : la déconcentration de l'élevage, pour servir de débouchés aux plantes auxiliaires des cultures. Sans parler de la rareté et cherté du foncier. Les difficultés de la conversion, sujet d'un prochain film ? ✪ **Rachel Mulot**

Les Moissons du futur, DVD 1 h 35, Arte Editions, 15 €. Livre, Arte Editions, La Découverte, 192 p., 19,50 €

Yellowstone

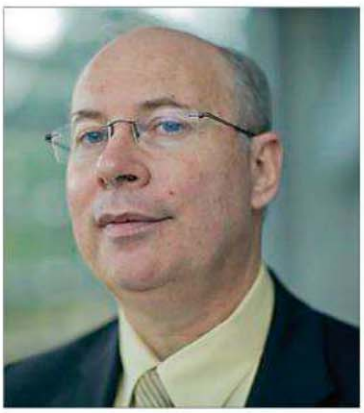
Royaume-Uni, 2009, DVD BBC Earth/Koba

Dans le nord-ouest des Etats-Unis, le parc de Yellowstone est l'une des étendues sauvages les plus protégées de la planète, depuis 1872, et la plus vaste région d'activités géothermique. L'un des plus grands volcans y sommeille. Au fil des saisons, le documentaire détaille la vie locale : grizzlys, loups, derniers troupeaux de bisons sauvages. Le commentaire, un rien emphatique, rappelle parfois celui d'un guide touristique. Mais l'image, grandiose, suscite une irrépressible envie de se rendre sur place. **Y. B.**

Un tour du monde en musiques

La Planète bleue, volume 7, Radio télévision suisse, 17,99 €

Pour sa septième édition, la compilation d'Yves Blanc, chroniqueur pour *Sciences et Avenir*, se livre à un grand écart à la souplesse revigorante, de l'électronica russe au blues saharien le plus aride. Après un décollage sur le tarmac français, première escale dans le Montana pour embarquer le cinéaste David Lynch, aussi perché dans ses compositions musicales que dans ses films. Deux autres personnages connus seront également du voyage, deux musiciens contemporains qu'il fait plaisir de retrouver, l'Estonien Arvo Pärt et le Britannique Brian Eno. Puis, dans sa seconde partie, le disque abandonnera les terres du Nord et rejoindra l'Afrique pour aborder la partie la plus rythmée du périple. Le dernier morceau, long d'une quinzaine de minutes, fruit d'une collaboration américano-franco-autrichienne, est un voyage à lui tout seul, aux confins de l'expérimentation sonore. En 1 h 30 min de musique, vous allez voir du pays. Enfin, comme à chaque voyage, un illustrateur différent est en charge de la décoration de l'astronef musical. Après Marvano, Bilal, feu l'immense Moebius, c'est au tour du Breton Nicolas Malfin de concevoir la pochette du disque. **Hervé Ratel**



DIDIER GOUPY/SIGNATURES

ENTRETIEN AVEC Denis Le Bihan

"La neuro-imagerie peut être mal utilisée"

Le médecin et physicien fait le point sur les enjeux d'une technique devenue incontournable en neurochirurgie et pour étudier le fonctionnement du cerveau.

Le Cerveau de cristal
Odile Jacob
228 p., 25,90 €

Denis Le Bihan a fondé, au sein du CEA, Neurospin en 2007. Il est à l'origine, entre autres, de la conception et de l'invention de l'IRM dite de diffusion. Elle est utilisée dans le diagnostic en urgence des AVC et pour visualiser les connexions cérébrales.

Pourquoi avoir choisi de publier ce livre sur l'imagerie du cerveau aujourd'hui ?
La compréhension du fonctionnement cérébral requiert la conjonction de multiples disciplines, neurosciences, physique, mathématiques, informatique, radiologie, biologie, etc. Ce livre se veut au carrefour de ces disciplines. D'autre part, Neurospin (1) va se doter en 2014 d'un scanner IRM (2) unique au monde fonctionnant à 11,7 teslas qui nous permettra de voir le cerveau humain à une échelle inédite. J'ai donc pensé que c'était le moment de faire le point sur ces techniques et les enjeux qu'elles sous-tendent.

Qu'est-ce que cette machine permettra de voir ?
Aujourd'hui, l'IRM fonctionnelle (IRMf) classique (BOLD) (3) permet de montrer l'activation d'aires cérébrales à une échelle millimétrique, c'est-à-dire contenant des millions de neurones. C'est très bien, mais pas suffisant. Nous avons aussi un scanner fonctionnant à 17 teslas pour les études chez l'animal qui doit nous permettre de voir les neurones individuellement. Le nouveau scanner de 11,7 teslas donnera, lui, accès à une échelle intermédiaire, dite mésoscopique (1/10 de millimètre) chez l'homme. L'objectif est de voir l'activation de modules de quelques milliers de neurones. Ces modules seraient – c'est ma théorie – les briques élémentaires d'un code neural (d'origine génétique), connectées ou déconnectées en réseaux au fil du temps en fonction de l'environnement dans lequel notre cerveau évolue (plasticité cérébrale). Ces connexions feraient émerger les fonctions cognitives de haut niveau (langage, calcul…).

En attendant, vous rappelez dans le détail (c'est ardu !), les principes de chaque technique de neuro-imagerie, pourquoi ?
C'est nécessaire car on oublie trop souvent comment ces images extraordinaires sont obtenues. Or, ces techniques ont des limites et leur méconnaissance peut entraîner des erreurs d'interprétation. Par exemple, en IRM fonctionnelle, les extrémités des lobes temporaux et frontaux (à l'avant du cerveau) ne sont pratiquement jamais vues activées. Ce serait, bien sûr, une grave erreur de considérer qu'il ne s'y passe rien. En fait, l'air contenu dans les sinus de la face perturbe le champ magnétique et leurre l'ordinateur qui reconstruit les images.

L'IRMf n'est-elle pas employée à tort et à travers ?
Je pense que le risque que la neuro-imagerie soit mal utilisée est réel. Il est très facile aujourd'hui d'obtenir des images colorées de régions cérébrales activées en soumettant un volontaire à des tâches diverses. Or, il reste un très gros travail pour identifier les régions activées et leur attribuer un sens. Par exemple, il ne suffit pas de noter que les régions activées par de « vrais » et de « faux » souvenirs mettent en jeu des réseaux différentes aires cérébrales pour faire de l'IRM un (onéreux) détecteur de mensonges. Cela étant, l'IRMf est un outil très important, pour comprendre le fonctionnement du cerveau normal, mais aussi pratiquer certaines interventions neurochirurgicales ou communiquer avec des patients dans le coma. Il y a déjà des conséquences sociétales. La Cour suprême américaine a ainsi interdit en 2005 la peine de mort pour les mineurs au motif que leur cortex préfrontal n'est pas mature et qu'ils ne sont pas maîtres de leurs actes.

Enfin, on dit toujours qu'on utilise seulement 10 % de notre cortex préfrontal, est-ce exact ?
Heureusement que non ! En fait, la majeure partie de l'activité de notre cerveau ne se voit pas (sauf sur nos images…), c'est une sorte d'énergie noire, responsable de notre activité cérébrale inconsciente. Cette activité « de fond » sous-tend notre comportement conscient, mais nous ne le réalisons pas toujours. On sait désormais que le cerveau prend parfois ses décisions bien avant que nous en ayons conscience. **Propos recueillis par Elena Sender**

(1) Neurospin : institution du CEA pour l'étude du cerveau par IRM.
(2) IRM : l'imagerie par résonance magnétique qui consiste à réaliser des images du corps en le plaçant dans un champ magnétique où il est soumis à des ondes de radiofréquence.
(3) Blood Oxygenation Level Dependent (signal dépendant du niveau d'oxygénation).

Une formidable diversité

12 fois par an, l'actualité des savoirs pour tous

N° 777 Ce que la science sait de la mort

N° 778 Premiers échos des mondes cachés

N° 779 L'or perdu des Amériques

N° 780 Homme-femme, la science face aux idées reçues

N° 781 On a créé le virus le plus dangereux du monde

N° 782 45 ans, le bel âge cérébral

N° 783 Méroé, l'Empire qui défia Rome

N° 784 Le ventre, notre 2e cerveau

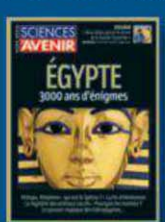
N° 785 Pierres précieuses, science et fascination

N° 786 Boson de Higgs, la découverte du siècle

N° 787 Compléments alimentaires : danger

N° 788 Alzheimer. Ce serait une maladie infectieuse

Et les hors-séries



HS n° 165 Egypte, 3000 ans d'énigmes

HS n° 166 Les héros de l'espace

HS n° 167 Nouvelles découvertes en Méditerranée

HS n° 168 Le pouvoir infini des mathématiques

HS n° 169 Qu'est-ce que l'Homme ?

HS n° 170 L'animal et nous

HS n° 171 50 iles, du mystère à la science

HS n° 172 La science à la conquête des 4 éléments

Bon de commande

Je commande les numéros ci-après au prix de : **7 €** par numéro payable par chèque à l'ordre de Sciences et Avenir (port compris pour la France). Bon de commande à retourner à :

Sciences et Avenir
33, rue Vivienne, 75002 Paris.

❑ N° 777 ❑ N° 778 ❑ N° 779 ❑ N° 780
❑ N° 781 ❑ N° 782 ❑ N° 783 ❑ N° 784
❑ N° 785 ❑ N° 786 ❑ N° 787 ❑ N° 788

❑ HS N°165 ❑ HS N°166
❑ HS N°167 ❑ HS N°168
❑ HS N°169 ❑ HS N°170
❑ HS N°171 ❑ HS N°172

❑ **Commandez une reliure pour 12 numéros : 15 €**

Nom : . . . . . .
Adresse : . . . . . .
Ville : . . . . . .
Code postal : . . . . . .

Films en plein écran.

Jeux en plein écran.

DAS : 0.85 K/Wg

La vie en plein écran.

Découvrez votre vie en plein écran.

Le smartphone Motorola RAZR™i
Avec la puissance d'Intel Inside®.

MOTOROLA RAZR i | intel inside™

motorola.com/fr facebook.com/motorolafrance

Le DAS (débit d'absorption spécifique) des téléphones mobiles quantifie le niveau d'exposition maximal de l'utilisateur aux ondes électromagnétiques, pour une utilisation à l'oreille. La réglementation française impose que le DAS ne dépasse par 2 W/KG.
Les jeux et les applications sont téléchargeables depuis Google Play moyennant un coût supplémentaire. MOTOROLA et le logo M stylisé sont des marques commerciales ou déposées de Motorola Trademark Holdings, LLC. Intel Inside, et le logo Intel Inside sont des marques déposées d'Intel Corporation aux Etats-Unis et/ou dans d'autres pays. Google et Youtube sont des marques deposes de Google Inc. Toutes les autres marques commerciales sont la propriété de leurs détenteurs respectifs. © 2012 Motorola Mobility, LLC. Tous droits réservés.